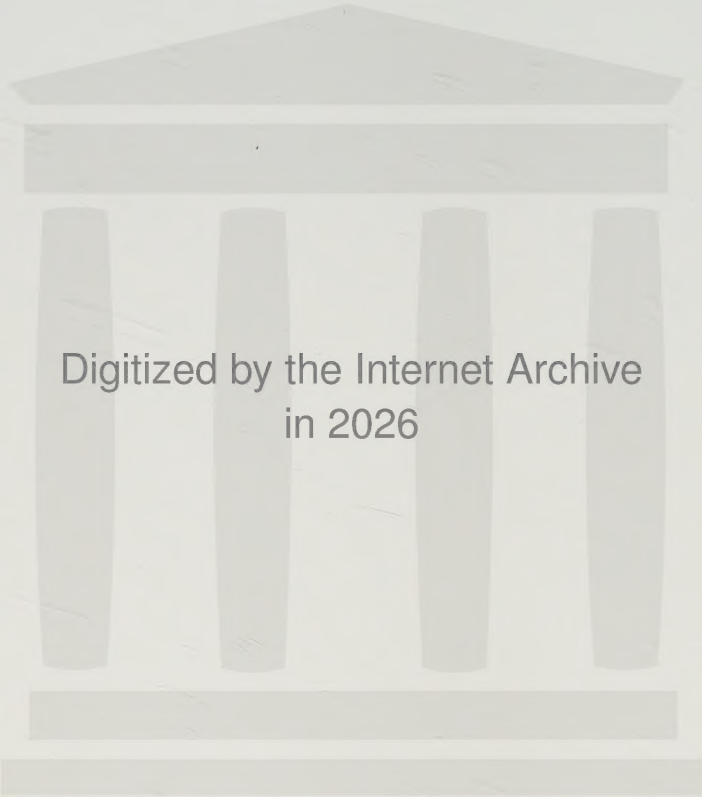


VORKOMMEN UND ENTWICKLUNG
DER SYNOVIALGRUBEN
AN DEN GLIEDMASSEN BEIM HAUSSCHWEIN (DL)

Monika Strehler

1978



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548319_0033

Aus dem Lehrstuhl für Anatomie und Physiologie der Haustiere
des Instituts für Tiermedizin und Tierhygiene mit
Tierklinik der Universität Hohenheim
Lehrstuhlinhaber: Professor Dr. K. Loeffler

Arbeit angefertigt unter Leitung von Professor Dr. K. Loeffler

Vorgelegt über den Lehrstuhl für Histologie und Embryologie der Tiere
des Fachbereichs Tiermedizin der Universität München

Vorstand: Professor Dr. P. Walter

über den Lehrstuhl für Allgemeine Pathologie und Pathologische Anatomie
des Fachbereichs Tiermedizin der Universität München

Vorstand: Professor Dr. J. v. Sandersleben

VORKOMMEN UND ENTWICKLUNG DER SYNOVIALGRUBEN
AN DEN GLIEDMASSEN BEIM HAUSSCHWEIN (DL)

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
des Fachbereichs Tiermedizin der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
Monika Strehler
aus
Stuttgart

München 1978

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs
Tiermedizin der Universität
München

Dekan: Prof. Dr. H. Kräußlich
Referent: Prof. Dr. K. Loeffler, Hohenheim
Korreferent: Prof. Dr. J. von Sandersleben

Tag der Promotion: 24. Februar 1978



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	1
2. LITERATUR	3
2.1 Allgemeine Vorbemerkungen	3
2.1.1 Gelenkknorpel	3
2.1.2 Synovialis und Synovia	6
2.1.3 Arthropathien beim Schwein	8
2.2 Synovialgruben	11
2.2.1 Morphologie	13
2.2.2 Funktion	15
3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN	18
3.1 Material und Methodik	18
3.1.1 Material	18
3.1.2 Methodik	19
3.1.2.1 Makroskopische Untersuchungen	19
3.1.2.2 Histologische Untersuchungen	23
3.1.2.2.1 Probenentnahme und Fixierung	23
3.1.2.2.2 Entkalkung	26
3.1.2.2.3 Entwässerung und Einbettung	26
3.1.2.2.4 Färbung	26
3.2 Ergebnisse	27
3.2.1 Makroskopische Befunde	27
3.2.2 Histologische Befunde	35
3.2.2.1 Proximale Gelenkfläche des Radius	35
3.2.2.2 Distale Gelenkfläche des Radius	47
3.2.2.3 Distale Gelenkfläche des Os carpi intermedium	51

3.2.2.4	Distale Gelenkfläche der Tibia	52
3.2.2.5	Gelenkflächen der Phalangen	54
3.2.2.6	Gelenkfläche der Skapula	56
3.2.2.7	Gelenkfläche des Humerus	59
4.	DISKUSSION	59
5.	ZUSAMMENFASSUNG	69
5.	SUMMARY	71
6.	LITERATURVERZEICHNIS	73
	ANHANG: Bildmaterial	83

1. EINLEITUNG

Die steigende Nachfrage nach fleischreichen, fettarmen Schweinen bedingte in den fünfziger Jahren eine starke Umzüchtung der deutschen Schweine, vor allem der Deutschen Landrasse. Mitentscheidend waren darüber hinaus auch ökonomische Faktoren, die die Zucht auf erhöhte tägliche Zunahmen und bessere Futterverwertung erforderlich machten. Die seit jener Zeit erreichten züchterischen Verbesserungen sind aus der Tabelle 1 ersichtlich:

Tab. 1: Vergleich der Leistungsdaten in den Jahren 1962 und 1974 (TODE, 1976)

Prüfungs- jahr	Alter bei Mastende	tägl.Zu- nahme	Futter- verwert.	Rücken- muskel- fläche	Fleisch: Fettver- hältnis
1962	206 Tg. *)	717 g	3,39	32,1 cm ²	1 : 1,05
1974	166 Tg. **)	830 g	2,83	41,5 cm ²	1 : 0,48

*) Mastendgewicht: 100 und 110 kg

***) Mastendgewicht: 100 kg

Schon bald wurden aber auch Mängel dieser Umzüchtung bemerkbar. Durch die starke Selektion auf günstige tägliche Zunahmen und vermehrten Muskelansatz erreichen die Fleischschweine das Mastendgewicht zu einem Zeitpunkt, zu dem das Skelettsystem noch stark im Wachstum begriffen ist und in seiner Entwicklung dem erreichten Muskelansatz bzw. dem Körpergewicht nicht entspricht. In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, daß noch vor einigen Jahrzehnten die Schweine etwa doppelt so alt wurden, bevor ihr Skelett vergleichbaren Belastungen ausgesetzt war (WEGNER, 1974).

Als weitere Belastung kommen noch die gesteigerte Schlachtkörperlänge der Tiere und die vermehrte Ausbildung des Innenschinkens hinzu. Diese bewirken zwangsläufig eine Veränderung der Beinstellung und -bewegung, sowohl der Vorder- als auch der Hintergliedmaßen (HÜCKER, 1976).

In zunehmendem Maße wurden seit Beginn der sechziger Jahre bei den Schweinen Bewegungsstörungen und nach der Schlachtung Gelenkveränderungen, vor allem an den Hintergliedmaßen, festgestellt. Diese Veränderungen stellen sich als Arthrosis deformans bzw. Arthropathia deformans dar. Sie sind teilweise begleitet von Osteochondrosis dissecans bzw. Chondrosis dissecans. Die Verbreitung der Gelenkerkrankungen stand in engem Zusammenhang mit der vermehrten Einkreuzung holländischer bzw. dänischer Zuchtlinien. Da die erkrankten Tiere in der Regel, berechnet auf die Mastperiode, verminderte tägliche Zunahmen und eine schlechtere Futterverwertung aufweisen, stellen diese Gelenkerkrankungen auch ein ernsthaftes ökonomisches Problem dar. Zu bemerken ist in diesem Zusammenhang, daß häufig jene Tiere erkranken, die in den Anfangsabschnitten der Mast besonders gute Zunahmen zeigen. In der weiteren Entwicklung bleiben sie jedoch dann hinter den anderen Tieren zurück (TEUSCHER, 1972; TEUSCHER et al., 1974). Da mit den Gelenkerkrankungen Schmerzen verbunden sind, sind neben den ökonomischen auch Gesichtspunkte des Tierschutzes zu berücksichtigen.

Im Zusammenhang mit den pathologischen Veränderungen an den Gliedmaßengelenken gewannen die normal-anatomischen Verhältnisse des Gelenkknorpels beim Schwein erneute Bedeutung. Vor allem erscheint es wichtig, die sogenannten Synovialgruben gegen pathologische Prozesse wie Knorpel-einfaltungen, Knochenzystoide und Knorpelulsuren abzugrenzen. Mir wurde daher die Aufgabe gestellt, im Rahmen dieser Arbeit das Vorkommen von Synovialgruben beim Schwein zu untersuchen und an einigen ausgewählten Lokalisationen die Entwicklung der Synovialgruben histologisch zu verfolgen.

2. LITERATUR

2.1 Allgemeine Vorbemerkungen

Die Knochen und Gelenke der Gliedmaßen differenzieren sich aus dem mesenchymatösen Skleroblastem heraus. Während sich an den späteren Gelenkenden die Mesenchymzellen verdichten, bildet sich der Gelenkspalt durch schleimige Degeneration bzw. Zellflucht im Zwischengewebe. Der Ort der Gelenkbildung ist jeweils genetisch festgelegt. Für die spezifische Ausgestaltung der Gelenkform ist indessen die Tätigkeit der zugehörigen Muskulatur mitentscheidend (ZIETZSCHMANN und KRÖLLING, 1955; MICHEL, 1972).

Ein echtes Gelenk besteht aus den Knochenenden, die von Gelenkknorpel überzogen sind, dem Gelenkspalt, der Gelenkkapsel und den Gelenkbändern. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß auch die zu dem Gelenk gehörenden Muskeln, Nerven sowie Blut- und Lymphgefäße Bestandteil dieses einem Organ vergleichbaren Systems sind. Besondere Beachtung verdienen in dem Zusammenhang der vorliegenden Arbeit der Gelenkknorpel mit dem darunter liegenden Knochen und die Gelenkkapsel. Sie sollen daher im folgenden eingehender besprochen werden.

2.1.1 Gelenkknorpel

Beim Aufbau des Gelenkknorpels erwachsener Tiere unterscheidet man nach BENNINGHOFF (1925) vier Schichten:

1. Die Tangentialzone.

In ihr sind die Knorpelzellen klein, platt und parallel zur Oberfläche angeordnet.

2. Die Übergangszone, in der die runden Knorpelzellen unregelmäßig gelagert sind.

3. Die Radiärzone mit säulenförmig angeordneten Knorpelzellen. Die Säulen verlaufen in der Regel senkrecht zur Oberfläche.

4. Die Verkalkungszone.

In ihr ist die Grundsubstanz stark mineralisiert. Sie bildet den Übergang zum darunter liegenden Knochen.

Der Gelenkknorpel ist ein sogenannter hyaliner Knorpel, d.h. er besitzt zwar zugfeste, kollagene Fasern, diese sind aber durch die Anlagerung von Proteoglycanen maskiert, d.h. im histologischen Bild nicht ohne weiteres erkennbar. Dennoch spielen die Fasern eine wichtige Rolle für die Gelenkfunktion, indem sie die auf die Gelenkfläche einwirkenden Druckkräfte als Zugkräfte zur Gelenkperipherie hin ableiten. Sie verlaufen in der Mehrzahl bündelförmig von der Verkalkungszone zur Tangentialzone und wieder in die Tiefe zurück. Andere Fasern ziehen aus der Tangentialzone zum Gelenkrand, wo sie in das Perichondrium einstrahlen.

Wesentlicher Bestandteil der zwischen den kollagenen Fasern gelegenen Interzellulärsubstanz, der sogenannten homogenen Grundsubstanz, sind die Mukopolysaccharide, die sich mit nicht kollagenen Proteinen zu Glykosaminoglykan-Eiweiß-Komplexen, den sogenannten Proteoglycanen, verbinden.

Diese haben starke osmotische Wirkung und regulieren über den Wassergehalt die Viskosität der Interzellulärsubstanz und damit sowohl die Elastizität des Gelenkknorpels als auch die Diffusion von Nähr- und Schlackenstoffen in der Zwischenzellsubstanz.

Der Mukopolysaccharidgehalt nimmt bis zur Geschlechtsreife zu und ändert sich altersabhängig auch in der Zusammensetzung. Während bei jungen Tieren Chondroitin 6 und 4-Sulfat (Ch-6-S und Ch-4-S) überwiegen, tritt mit zunehmendem Alter auch Keratansulfat hinzu.

Die Proteoglycane können als kürzere und längere Ketten vorkommen, wobei den längeren eine erhöhte Wasserbindungsfähigkeit und verminderte Diffusionsmöglichkeit zugeschrieben wird (SIMUNEK und MUIR, 1972; WOODHEAD-GALLOWAY und HUKINS, 1976).

Sowohl der funktionsgerechte Kollagenaufbau und -anteil,

als auch die physiologische Zusammensetzung der homogenen Grundsubstanz setzen intakte Chondrozyten voraus, weil sie von diesen gebildet werden.

Andererseits gewährleistet aber nur eine "gesunde" Interzellularsubstanz die notwendige Ernährung und Entschlackung der Knorpelzellen.

Unter der Verkalkungszone folgen die Knochenbälkchen der Spongiosa, die bei adulten Tieren mit einer Endplatte gelenkwärts abgeschlossen ist. Diese dient als Verankerung für die kollagenen Fasern und als Stütze für den Knorpel. Sie wird nur an einzelnen Stellen von Gefäßkanälchen unterbrochen. Die Gefäße dringen nur bis in die Verkalkungszone vor. Der Knorpel wird also teils vom Knochen her, zum weit überwiegenden Teil jedoch vom Gelenkspalt her über die Synovia versorgt, wobei diese Ernährung von der Funktionsfähigkeit der Synovialis abhängt. Ein wichtiger Gesichtspunkt für die Ernährung des Gelenkknorpels ist, wie erwähnt, der, daß alle Nähr- bzw. Schlackenstoffe durch die Zwischensubstanz diffundieren müssen, um an die Knorpelzellen heranzukommen, bzw. von diesen wegtransportiert zu werden. Die Diffusion im Gelenkknorpel wird durch abwechselnden Druck und Entlastung bei der Bewegung gefördert.

In dieser sogenannten Transitstrecke kann sich ein Circulus vitiosus derart aufbauen, daß geschädigte Knorpelzellen eine unphysiologisch zusammengesetzte Zwischenzellmasse bilden und diese wiederum den Transport zu und von den Zellen beeinträchtigt. Geschädigte Knorpelzellen entlassen außerdem lysosomale Enzyme, die nicht nur die Zwischenzellsubstanz, sondern auch die Synovialis schädigen können, so daß auch von dieser Seite Rückwirkungen zu erwarten sind. Besondere Verhältnisse liegen beim jugendlichen Gelenkknorpel vor, da hier die knöcherne Endplatte fehlt. Vielmehr geht der Gelenkknorpel mehr oder weniger direkt in eine Wachstumszone über, das bedeutet, daß erstens die dem Knorpel Festigkeit verleihende und den kollagenen Fasern als Verankerung dienende Verkalkungszone fehlt, und zweitens der

Knorpel nur durch mehr oder weniger zarte, noch in der Bildung begriffene Knochenbälkchen abgestützt wird. Der jugendliche Gelenkknorpel ist daher von Natur aus weniger belastbar. In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, daß Schweine, gemessen am Ende des Skelettwachstums, erst mit etwa 2 1/2 Jahren völlig ausgewachsen sind.

2.1.2 Synovialis und Synovia

Die Synovialis (Synovialmembran, Stratum synoviale) stellt die Innenauskleidung der Gelenkkapsel dar. Sie liegt der Faserschicht (Stratum fibrosum) der Gelenkkapsel und, soweit vorhanden, den im Gelenk gelegenen Bändern auf. Die Synovialis besteht aus lockerem Bindegewebe und besitzt viele Blut- und Lympfgefäße sowie Fettzellen und elastische Fasern, so daß sie sich den Gelenkrändern und Gelenkflächen anschmiegen kann, ohne bei Bewegung eingeklemmt zu werden. Mehr oder weniger große Zotten dienen der Oberflächenvergrößerung.

Die die Gelenkfläche auskleidenden kubischen bis polygonalen Zellen werden von manchen Autoren als Synovialisdeckzellen bezeichnet. Sie sind durch relativ große Interzellularräume getrennt und können in einer oder mehreren Schichten vorkommen (LEVER und FORD, 1958; BARLAND et al., 1962; BARGMANN, 1964).

Diese Deckzellen fanden in der letzten Zeit besonderes Interesse (BARLAND et al., 1962; HAMERMAN und BARLAND, 1966; ROY und GHADIALLY, 1976; HAMERMAN et al., 1972). Dies ist verständlich, da sie zu speziellen Syntheseleistungen befähigt sind, so zum Beispiel zur Hyaluronsäuresynthese. Die Hyaluronsäure ihrerseits ist ein wesentlicher Bestandteil der Synovia. Außerdem sind die Synovialisdeckzellen in der Lage, eine protein- und kohlenhydratenthaltende Komponente zu produzieren, die Verwandtschaft zu den Knorpel-Glykoproteinen aufweist.

Andere Substanzen treten offenbar durch die weiten Inter-

zellularräume in die Gelenkhöhle ein. Sie bilden zusammen mit den synthetisierten Produkten die Synovia.

Der Gelenkspalt ist gewissermaßen als ein erweiterter Interzellularraum anzusehen (BIERTHER et al., 1972). Die Deckzellen verhindern nicht den freien Ionenaustausch zwischen dem Plasma und der Synovia.

Die Zellen mit sekretorischer Funktion werden als B-Zellen bezeichnet. Sie sollen den Fibroblasten nahestehen.

Ein anderer Zelltyp, die sogenannten A-Zellen, ist zur Phagozytose befähigt und soll mit den im lockeren Bindegewebe häufigen Makrophagen verwandt sein (BARLAND et al., 1961, 1962; HIROHATA et al., 1963; HIROHATA und KOBAYASHI, 1964; ROY und GHADIALLY, 1967; HAMERMAN et al., 1972; SHIVELY, 1975).

Ob diese, auf elektronenmikroskopischen Untersuchungen beruhende, Differenzierung der Zellen sich aufrecht erhalten läßt, wird in der letzten Zeit angezweifelt. Es ist möglich, daß es sich nur um unterschiedliche Funktionszustände einer einheitlichen Zellart handelt (BRENTANO, 1977).

Die von der Synovialis teils durch Ultrafiltration, teils durch Sekretion abgeschiedene Synovia ist ähnlich zusammengesetzt wie das Blutserum, enthält aber weniger Eiweiß (und zwar 0,88-2,44 %) und mehr Mukopolysaccharide. Ihr pH-Wert ist leicht alkalisch. In der Zusammensetzung der Synovia gibt es tierartliche Unterschiede und Unterschiede von Gelenk zu Gelenk.

Ein wesentlicher Bestandteil der Synovia ist die bereits erwähnte Hyaluronsäure. Sie bestimmt die Viskosität der Synovia und ist in der Hauptsache für die biologische Schmierung der Gelenkenden verantwortlich.

Durch die spezifischen Eigenschaften der Hyaluronsäure wird bewirkt, daß zwischen den Gelenkenden auch in Ruhestellung ein feiner Flüssigkeitsfilm erhalten bleibt, während bei Gelenkbewegung die Viskosität der Synovia abnimmt (BARNETT et al., 1961).

Neben der Reibungsminderung hat die Synovia aber noch eine wichtige Aufgabe in der Ernährung des Gelenkknorpels, wobei ausreichende Gelenkbewegung die Diffusion im Knorpel fördert. Ferner wird ihr eine wichtige Funktion durch die Erhaltung bzw. Wiederherstellung des pH-Wertes nach Gelenkbewegungen zugeschrieben (COHRS und MESSOW, 1969).

Zelluläre Bestandteile der Synovia rühren teils von der Synovialis, teils von der Knorpeloberfläche her. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit muß jedoch nicht weiter auf sie eingegangen werden.

2.1.3 Arthropathien beim Schwein

Bezüglich der in der Einleitung geschilderten Problemstellung interessieren vor allem die primär nicht entzündlichen Gelenkerkrankungen, die dem Formenkreis der Arthrosis deformans zuzurechnen sind. Wobei hervorzuheben ist, daß dieses ein vor allem ätiologisch, aber auch pathogenetisch heterogenes Krankheitsgeschehen ist. Als Ursachen für Arthrosen kommen in Frage:

Störungen der Gelenkentwicklung,
Stellungsanomalien,
relative oder absolute Überbelastung,
Inkongruenz der Gelenkflächen,
akute Verletzungen und chronische Traumatisierung
der Gelenkflächen (DAMMERICH, 1976).

Im Anfangsstadium der Arthrose ist die Knorpeloberfläche zunächst noch erhalten. Der Knorpel verliert jedoch bald an den betroffenen Stellen seinen Glanz und damit sein perlmutterartiges Aussehen. Er wird matt, trübe, grauweißlich und rauh. Er fasert auf, wodurch die Oberfläche ein feinzelliges, zum Teil samtartiges Aussehen erhält. Im histologischen Bild macht sich die Knorpeldegeneration durch eine Aufhellung der hyalinen Grundsubstanz bei den üblichen Anfärbungen bemerkbar, die durch eine ödematöse Durchtränkung und durch Mukopolysaccharid-Verlust bzw. durch

Verringerung deren Polymerisationsgrades zustande kommt. Gleichzeitig damit, und bedingt dadurch, treten die Fibrillen der Grundsubstanz deutlich hervor. Man kann von einer Demaskierung der Fibrillen sprechen.

In diesem Stadium können auch Brutkapseln (Zell- oder Wucherungsnester, Cluster) angetroffen werden. Es handelt sich dabei um eine atypische haufenförmige Vermehrung von Chondrozyten. Die Knorpelzellen selbst werden größer und runden sich ab. Die Umgebung der Cluster ist abnorm zellarm. Im Aufbau befindliche Brutkapseln zeigen eine gesteigerte Mukopolysaccharid-Synthese, die jedoch in späteren Stadien rasch zum Erliegen kommt (COHRS und MESSOW, 1969; DUSTMANN et al., 1974; DÄMMRICH, 1976).

Im weiteren Verlauf kommt es von der Oberfläche her zu Auf-faserung und Zerklüftung des Knorpels, die hauptsächlich in senkrechter Richtung zur Oberfläche erfolgt und als Asbestauffaserung bezeichnet wird.

Infolge des Zerfalls und der Abscheuerung bei der Bewegung entstehen Knorpeldefekte, sogenannte Usuren, die bis zur Knorpel-Knochengrenze reichen können. Die Endplatte verdickt sich reaktiv und kann Schliffrinnen aufweisen.

Die Zerstörung des Knorpels erfolgt langsam und nicht gleichzeitig in der ganzen Ausdehnung. Die sich am subchondralen Epiphysenknochen abspielenden Vorgänge sind teils regressiver, teils progressiver Natur und beginnen zum Teil schon vor der Entblößung des Knochens. Die progressiven Vorgänge stellen sich einesteils als spongiöse Knochenwucherung in Form der POMMER'schen Randwülste, andererseits als Sklerosierung der Endplatte dar. Die regressiven Prozesse schwächen die Endplatte und die darunter gelegene Spongiosa, so daß weitere Belastungen zu Knorpel-einbrüchen führen können. Es bilden sich Knochenzystoide aus (DÄMMRICH, 1976).

An der Synovialis kann es zum Teil zu einer Vergrößerung der Zotten kommen. In Verbindung mit diesen Wucherungen kann dies zur hyalinen Entartung des lockeren Bindegewebes

führen. Andererseits ist aber auch ein Schwund der Synovialis möglich. Man sieht dann an diesen Stellen breite, an der Oberfläche parallel verlaufende Fibrillenbündel. An den weniger betroffenen Stellen ist die Synovialis zellärmer. Das lockere Bindegewebe wird kompakter und dem Stratum fibrosum ähnlicher. In jedem Fall führt die Schädigung der Synovialis zu einer Verminderung der Synovia-Synthese und zu einer Veränderung in der Zusammensetzung der Synovia.- Für die Erkrankung der Synovialis im Rahmen degenerativer Gelenkerkrankungen spielen offenbar lysosomale Enzyme geschädigter Chondrozyten eine Rolle. Diese gelangen mit der Synovia vom Gelenkknorpel zur Synovialis (OTTE, 1972).

In der vorliegenden Arbeit kommt es unter anderem darauf an, normalanatomische Vorgänge bei der Bildung der Synovialgruben und nicht zuletzt auch diese selbst gegenüber Erscheinungsbildern der beim Schwein häufig beobachteten Arthropathie abzugrenzen. Diese mündet letztlich in eine Arthrosis deformans ein und wird von den verschiedenen Autoren als "Arthropathia deformans", "Arthrosis deformans", "leg weakness", "Gliedmaßenschwäche", "Gliedmaßenanomalie", "Beinschwäche", bzw. "Beinschwächesyndrom des Fleischschweins" bezeichnet (SCHILLING, 1958, 1963; DIETZ und KUNTZE, 1959; SABEC, 1960; SABEC et al., 1961; KÖRNER, 1963; GLAWISCHNIG, 1965; GÄNGEL und STUMPF, 1968; GRÜNHAGEN, 1969; DÄMMRICH, 1970, 1976a, 1976b; TEUSCHER, 1972; SABEC, 1974; GRÜNDALEN, 1974; TEUSCHER et al., 1974; DÄMMRICH und UNSHELM, 1975; BOLLWAHN, 1976). Bereits die Vielfalt der Bezeichnungen für dieses Leiden, das bei den betroffenen Tieren meist mit Bewegungsstörungen einhergeht, weist darauf hin, daß es ätiologisch und pathogenetisch noch nicht voll abgeklärt ist. Bekannt ist jedoch, daß es sich um pathologische Veränderungen im Bereich der tieferen Schichten des Gelenkknorpels, eventuell auch der primären Spongiosabälkchen handelt, die eine hohe Korrelation zur Gewichtszunahme am Anfang des Mastabschnittes und zur Schlachtkörperbeschaffenheit aufweisen. Histologisch werden vor allem die oben beschriebenen Veränderungen im Sinne

einer Arthrosis deformans, jedoch auch solche der Osteochondrosis dissecans bzw. Chondrosis dissecans und auch der Knochenzystoidbildung beobachtet. Während anfänglich die Meinung vorherrschte, daß speziell das Sprunggelenk betroffen sei (SCHILLING, 1958; SABEC, 1960; SABEC et al., 1961; BEHRENS, 1961; KÖRNER, 1963; GLAWISCHNIG, 1965), wurde inzwischen erkannt, daß alle großen Gliedmaßengelenke zumindest histologisch entsprechende Veränderungen aufweisen können. Das Ausmaß der Veränderungen und die Häufigkeit des Befalles sind allerdings von Gelenk zu Gelenk verschieden und am Sprunggelenk am höchsten.

Unterschiede in der Befallsrate bestehen auch zwischen den einzelnen Schweinerassen, was sich eventuell auch aus den erwähnten Kriterien (Gewichtszunahme, Schlachtkörperbeschaffenheit) erklären läßt (BEHRENS, 1961; GHAFARI-KASCHANI, 1973; TEUSCHER et al., 1974).

2.2 Synovialgruben

Erste Hinweise auf Synovialgruben bzw. -ausschnitte gibt MÜLLER (1873) im Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haussäugetiere von GÜRLT.

Dort heißt es: "Der aus hyalinem Knorpel bestehende, vollkommen gefäß- und nervenlose Gelenkknorpel bildet in den größeren Gelenken keinen ununterbrochenen Überzug der Gelenkflächen, sondern es entstehen durch das Fehlen des Knorpelüberzuges häufig kleine rauhe Vertiefungen, welche zur Aufnahme der Gelenkschmiere bestimmt sind und als Synovialausschnitte oder Synovialgruben (incisurae et fossae synoviales) bezeichnet werden."

Jedoch fehlen hier weitere Angaben über das Vorkommen bei speziellen Tierarten und in speziellen Gelenken.

Diese findet man in der Folgezeit, wenn auch nicht vollständig, in den Lehrbüchern von FRANCK (1892), übernommen von MARTIN; SUSSDORF (1895), ELLENBERGER und BAUM (1908) sowie in zwei Veröffentlichungen von ZIMMERMANN (1911 u.1918).

Die erste ausführliche Beschreibung von Synovialgruben und -ausschnitten erfolgte durch BÜRKI (1905), der die Synovialgruben und ihre Entwicklung beim Rind makroskopisch und histologisch untersuchte. Die Synovialgruben im Tarsalgelenk des Rindes wurden später noch einmal von PANCANI (1973) bearbeitet.

Die Synovialgruben des Pferdes wurden von SCHULZ (1915), unter ausdrücklichem Hinweis auf die Veröffentlichung von BÜRKI (1905), untersucht. Das Tiermaterial war allerdings relativ begrenzt und die Befunde wurden vor allem makroskopisch erhoben. Im Feinbau wurden nur vollausgebildete Synovialgruben beschrieben.

Diese Befunde von SCHULZ wurden durch Untersuchungen von PALMGREN (1928) am Ellbogengelenk des Pferdes ergänzt. Die Untersuchung der Synovialgruben von Ziege und Schaf erfolgte, aufbauend auf Beobachtungen von ACKERKNECKT, durch LUCHMANN (1938). Eine der Zielsetzungen dieser Arbeit war der Versuch, in den Synovialgruben ein Kriterium zur forensischen Unterscheidung der Mittelfuß- und Zehenknochen von Schaf und Ziege zu ermitteln. Diese erwiesen sich jedoch nur bei älteren Tieren und nicht absolut als geeignet zur Artdiagnose. Wichtig erscheint jedoch, daß LUCHMANN betont, daß es sich bei den Synovialgruben um normalanatomische Strukturen und nicht um pathologische Prozesse handelt. Allerdings beschränkt sich die Untersuchung auf die Gelenke des Meta- und Akropodiums bei Vorder- und Hintergliedmaßen, und histologische Untersuchungen wurden nur in geringem Maße durchgeführt. 1957 beschreibt FLORENTIN als Besonderheit am Knorpel Synovialgruben, ohne sie jedoch als solche zu bezeichnen. Die Synovialgruben des Schweins wurden erst relativ spät, und zwar 1975, von DOIGE und HOROWITZ untersucht. Das Material bestand aus Gliedmaßengelenken von 50 Schweinen, überwiegend Schlachtschweinen im Alter von fünf bis acht Monaten. Zur Kontrolle der altersabhängigen Entwicklung wurden jedoch auch Tiere im Alter von zwei Wochen bis zu drei Jahren in die Untersuchung einbezogen. Die Gelenkflächen wurden makroskopisch und zum Teil auch histologisch

untersucht. Auch diesen Autoren erscheint es wichtig, die Synovialgruben als normalanatomische Bildungen gegen pathologische Prozesse, vor allem Knorpel einbrüche, abzugrenzen. Als Kriterien dafür geben sie die anatomische Lokalisation und den histologischen Befund an.

Weitere Autoren befaßten sich mit Detailfragen. So führte HLOUSEK (1972) rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen an den Tarsalgelenken von Rindern durch.

MICHELETTO und seine Arbeitsgruppe führten experimentelle Studien an den Karpal- und Tarsalgelenken von Pferden, Rindern, Gemsen und Steinböcken durch. Sie beobachteten dabei die Reaktion der Synovialis auf Entzündung induzierende Stoffe, um daraus auf ihre Funktion zu schließen (MICHELETTO und TRUCCHI, 1971; MICHELETTO und PANCANI, 1973; PANCANI, 1973; TRUCCHI, 1973).

BÖSEMANN und VIEHWEGER (1974) stellten vergleichende Untersuchungen an den distalen Gliedmaßenabschnitten von Merinofleischschafen verschiedenen Alters an, unter besonderer Berücksichtigung der Haltungsbedingungen.

2.2.1 Morphologie

In den Lehrbüchern werden die Synovialgruben im allgemeinen sehr knapp abgehandelt und als knorpelfreie Gruben in der Gelenkfläche bezeichnet, die Synovia enthalten und deren Grund von Bindegewebe gebildet wird. Dieses wird von den meisten Autoren als lockeres Bindegewebe, von ZIETZSCHMANN (1943) jedoch als Narbengewebe bezeichnet. Zum Teil wird auch noch darauf hingewiesen, daß sie vor allem in Wechselgelenken und bilateral vorkommen, und daß sich die Synovialgruben bis in den Knochen hinein erstrecken, so daß sie auch am mazerierten Knochen erkennbar sind. Nähere Angaben, vor allem auch über den histologischen Aufbau, fehlen. COHRS und MESSOW (1969) betonen, daß sie nicht mit pathologischen Prozessen verwechselt werden dürfen.

Von den Autoren, die sich eingehender mit den Synovialgruben bei den verschiedenen Tierarten befaßt haben, werden die vollentwickelten Gruben als steil abfallende Vertiefungen im Gelenkknorpel mit unterschiedlicher Ausdehnung dargestellt. Makroskopisch zeigt sich der Grubengrund als lockeres, zum Teil höckeriges Gewebe.

Synovialgruben können sich vor allem bei älteren Tieren bis an den Gelenkrand erstrecken und somit den Charakter von ausgedehnten Synovialausschnitten annehmen.

Histologische Untersuchungen wurden mit sehr unterschiedlicher Intensität durchgeführt, im allgemeinen zur Ergänzung der makroskopischen Befunde an einzelnen Lokalisationen. Am eingehendsten untersuchten BURKI (1905) und SCHULZ (1915) auch histologisch die Synovialgruben. Daraus ergibt sich, daß der Gelenkknorpel in der Umgebung der Synovialgruben nicht verändert ist. Er nimmt mehr oder weniger steil zum Grubengrund hin ab. Dieser ist von einer bindegewebigen Membran bedeckt.

MODES (1939) weist darauf hin, daß das Bindegewebe des Grubengrundes von Synovialisdeckzellen bedeckt wird und vermutet, daß nach Druck- und Zugentlastung die Oberflächenzellen des Gelenkknorpels "ihre ursprüngliche Form als Synovialzellen wieder annehmen", eine Hypothese, die in der letzten Zeit von LOEFFLER (1976) wieder aufgegriffen wurde. Einigkeit besteht bei den Autoren, daß die Synovialgruben erst post partum auftreten. Sowohl von Gelenk zu Gelenk, als auch von Tierart zu Tierart bestehen jedoch Unterschiede im Zeitpunkt des Auftretens.

Nach BURKI (1905) und SCHULZ (1915) wird die Entstehung von Synovialgruben bei jüngeren Tieren durch Knochenresorption eingeleitet, welcher De- und Regeneration am anstoßenden Knorpel und Knochen folgen. Bei älteren Tieren und an Gelenkflächenteilen, welche den Kontakt mit der gegenüberliegenden Fläche verloren haben, schreiten pro- und regressive Vorgänge nebeneinander von der Oberfläche in die Tiefe fort. Nach BURKI (1905) entstehen Synovialgruben an Orten höchster, nach SCHULZ (1915) an solchen

geringster Beanspruchung.

Nach MODES (1939) ist es vor allem der mangelnde und fehlende Druck, der die germinative Zone (Perichondrium) veranlaßt, die Knorpelbildung einzustellen. Hierdurch wird die "Konstanz zwischen Knorpel- und Knochenanbildung und Knochenabbau zugunsten des Abbaues gestört." In diesem Sinn äußern sich auch DOIGE und HOROWITZ (1975). Andererseits tendieren die Auslegungen der Synovialgrubenbildung von DÄMMRICH et al. (1976) in Richtung auf die Meinung BURKIs (1905), indem sie annehmen, daß die Möglichkeit zur Entstehung von Synovialgruben dadurch gegeben sein kann, daß die zunehmenden Druckbelastungen der Gelenkfläche, die mit dem Alter auftreten, zentral zu Ernährungsstörungen führen. Diese wiederum bedingen einen Wachstumsstillstand des Knorpelgewebes, was sich in umschriebenen Vertiefungen zeigt. Hier sammelt sich Synovia an, die bei jeder Druckbelastung aus der Grube heraus und zwischen die Gelenkflächen gequetscht wird; so wird eine bessere Gleitfähigkeit und bessere Ernährung erreicht. Aus dieser Theorie folgt: Mit zunehmendem Lebensalter nimmt die Größe und Ausdehnung der Synovialgruben zu.

Dem entgegen steht die Hypothese vom Zerfall der Knorpelsubstanz in dem betroffenen Gebiet, der mit zunehmendem Alter immer weiter fortschreitet. Erst sekundär soll es dann zu einer Resorption des darunterliegenden Knochengewebes kommen. Teilweise wurden auf dem Grund der Grube Zellstrukturen gefunden, bei denen es sich um die Trümmer der zerfallenen Knorpel- und Knochensubstanz handeln soll (LUCHMANN, 1938). Ein derartiger Befund weicht stark von einer normalanatomischen Beschreibung ab.

2.2.2 Funktion

Ursprünglich wurde die Funktion der Synovialgruben lediglich in dem Ansammeln von Synovia zur besseren Verteilung bei der Gelenkbewegung gesehen. Diese Theorie hat sich

bis heute in den Lehrbüchern gehalten. Von verschiedenen Autoren werden indessen auch andere Funktionen diskutiert. PALMGREN (1928) machte im Zusammenhang mit seinen Untersuchungen am Ellbogengelenk des Pferdes darauf aufmerksam, daß die dort vorhandenen Synovialgruben (bzw. die von ihm als Gruben bezeichneten Ausschnitte) die Funktion haben könnten, als Kommunikationskanäle zwischen verschiedenen Gelenkhöhlenabteilungen, die sonst voneinander getrennt sein würden, zu wirken. Er bringt diese Funktion außerdem mit dem Federungsphänomen in diesem Gelenk in Verbindung. MODES (1939) und nach ihm DÄMMRICH (1976) und LOEFFLER (1974) sprechen den Synovialgruben bedeutende Funktion bei der Ernährung zu, indem durch sie die Distanz zwischen den zentralen Gelenkanteilen und der - die für die Ernährung wesentlichen Stoffe produzierenden - Synovialis reduziert wird, bzw. dem Druck stark ausgesetzte Gelenkbezirke besser ernährt werden.

BAUER et al. (in TRUCCHI, 1973) sehen in den Synovialgruben eine Vergrößerung der Ausdehnung der Synovialmembran bis in die Gelenkfläche hinein und damit eine Unterstützung der Synovialis in bezug auf die biophysikalische und biochemische Kontrolle der Synovia und damit der Gelenkhöhle. Dieser Meinung schließen sich MICHELETTO und seine Mitarbeiter aufgrund ihrer morphologischen und experimentellen Untersuchungen an den Synovialgruben verschiedener Tierarten an (MICHELETTO und PANCANI, 1973; PANCANI, 1973; TRUCCHI, 1973). Nach ihrer Auffassung spielt diese Schutzfunktion besonders auch bei Gelenkerkrankungen eine Rolle, so daß ihnen bei Arthropathien eine zusätzliche Schutzfunktion zukommt.

Es bleibt somit festzustellen, daß die Synovialgruben mit großer Sicherheit über das Sammeln von Synovia hinausgehende Funktionen besitzen, die vor allem in der Förderung des Austausches zwischen Blut und Synovia zu suchen sind. Ob dabei die Ernährungs- oder die Schutzfunktion im Vordergrund stehen, ist wohl noch nicht entschieden, hängt eventuell auch von der jeweiligen Funktion in den be-

troffenen Gelenken ab. Ungklärt sind bisher noch die Konditionen, unter welchen sich Synovialgruben in Gelenken bilden und die wohl auch zu einer Abhängigkeit der Synovialgrubenbildung von Umweltfaktoren (Haltungsverfahren) führen können.

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1 Material und Methodik

3.1.1 Material

Das für diese Arbeit benötigte Material wurde von Ende Oktober 1975 bis Anfang Dezember 1976 gesammelt.

Insgesamt wurden von 65 Schweinen der Deutschen Landrasse die Gliedmaßengelenke makroskopisch untersucht. Von 42 dieser Tiere wurden jeweils 5 Lokalisationen für die histologische Untersuchung entnommen.

Das Tiermaterial wurde in drei Gruppen gegliedert, und zwar:

1. Ferkel (1-8 Wochen) und Läufer (2 1/2 - 4 1/2 Monate)
2. Schlachtschweine mit ca. 85 kg Körpergewicht
3. Sauen ^{*)} (knapp 1 bis 5 Jahre)

Die Ferkel und die Schlachtschweine kamen aus der Landesanstalt für Schweinezucht Forchheim (bei Karlsruhe) bzw. Versuchsstation Unterer Lindenhof der Universität Hohenheim. Da es bei diesen Tieren nicht möglich war, die Skapula und die Gelenkflächen des Humerus für die makroskopische Untersuchung zu bekommen, wurden daraufhin 27 Schlachtschweine am Schlachthof Ludwigsburg und 5 Sauen am Schlachthof Böblingen untersucht. Über Herkunft und Aufstallung dieser Tiere liegen keine Angaben vor.

In bezug auf die Läufer und einen Teil der Sauen mußte auf Tiere unterschiedlicher Herkunft und bei einem überwiegenden Teil der Sauen auf Tiere aus der Tierkörperbeseitigungsanstalt (TKBA) Kornwestheim zurückgegriffen werden.

Pro Lebenswoche wurden je zwei Ferkel untersucht.

Bei den Läufern: zwei Tiere im Alter von drei Monaten, ein Tier mit vier und ein Tier mit 4 1/2 Monaten.

*) In dieser Gruppe befindet sich bei der makroskopischen Beurteilung zusätzlich ein Eber.

Die Schlachtschweine waren alle in einem Alter zwischen knapp sechs und knapp acht Monaten. Die Altersverteilung der Sauen war folgende:

11 - 13	Monate: drei Tiere
1 1/2	Jahre : ein Tier
2 - 2 1/2	Jahre : acht Tiere
5	Jahre : ein Tier

Einzelheiten über das Tiermaterial, seine Zusammensetzung, Herkunft und Haltung sind den Tabellen 2 und 3 zu entnehmen.

Grundsätzlich wurden nur klinisch gesunde Tiere untersucht. Einzige Ausnahme bildete eine Sau im Alter von 11 1/2 Monaten aus der Altersgruppe 1-5 Jahre. Aus der Anamnese ging hervor, daß das Tier häufig hundesitzige Stellung einnahm, Schwierigkeiten beim Aufstehen hatte und dabei die Hintergliedmaßen spreizte. (Das nicht untersuchte Schwestertier zeigte die gleichen Symptome.)

3.1.2 Methodik

3.1.2.1 Makroskopische Untersuchungen

Für die makroskopische Untersuchung wurden alle Gelenke der Extremitäten eröffnet, und zwar an der linken Vorder- und der linken Hinterextremität, bei den Schlachtschweinen und bei einigen anderen Tieren auch diejenigen der rechten Seiten. Das Schulter- und das Hüftgelenk konnten jedoch wegen der zu starken Beeinträchtigung der Schlachtkörperqualität bei den Schlachtschweinen nicht untersucht werden.

Die Befunde wurden in vorbereitete Skizzen eingetragen. Dabei wurden Synovialgruben vorrangig behandelt, jedoch wurden auch Synovialausschnitte berücksichtigt. Diese nahmen

b. 2: Aufschlüsselung des Tiermaterials

Makroskopische Untersuchung					Histologische Untersuchung			
Alter	Zahl der Tiere	Gewicht in kg	Geschlecht ♂ / ♀	Alter	Zahl der Tiere	Gewicht in kg	Geschlecht ♂ / ♀	
Ferkel (1-8 Wo.)	18	1,7-14	0 16 2	Ferkel (1-8 Wo.)	16	1,7-14	0 16 0	
Läufer (10-17 Wo.)	7	19,3-50,5	0 7 0	Läufer (10-17 Wo.)	5	19,3-50,5	0 5 0	
Schlachtschw. (knapp 6-8 Mo.)	26	84,6-85,6	0 0 26	Schlachtschw. (knapp 6-8 Mo.)	10	84,6-85,6	0 0 10	
Sauen (knapp 1-5 Jahre)	14	120 - 300	1 0 13	Sauen (knapp 1-5 Jahre)	11	120 - 300	0 0 11	
Zusammen	65			zusammen	42			

Tab. 3: Herkunft, Aufstellungs- und Fütterungsart

Alter	Zahl der Tiere	Herkunft	Aufstellungsart	Fütterungsart
Ferkel (1-8 Wo.)	18	17 Tiere aus Forchheim 1 Tier aus der Versuchsstation 1 der Univ.Hohenheim	ab 3. Woche Flotdeck konventionelle Haltung auf Betonestrich, einstreulos	Ferkelschrot (Eigenmischung) Ferkel-Aufzuchtfutter (DLG-Norm)
Läufer (10-17 Wo.)	7	3 Tiere aus der Versuchsstation 1 der Univ.Hohenheim 2 Tiere aus der Versuchsstation 1 der Univ.Hohenheim 2 Tiere vom Institut für Tierernährung der Univ. Hohenheim	konventionelle Haltung auf Betonestrich, einstreulos Dänische Aufstallung Dänische Aufstallung	Aufzuchtfutter und Schrot (Eigenmischung) Schrot Fertigfutter für die Schweine- mast (DLG-Norm) restriktive Fütterung

Tab. 3: Fortsetzung

Alter	Zahl der Tiere	Herkunft	Aufstallungsart	Fütterungsart
Schlachtschweine (knapp 6-8 Mo.)	26	26 Tiere aus der Versuchsstation Unterer Lindenhof	Dänische Aufstallung	Fertigfutter (Alleinfutter für die Mast, DLG-Norm) Einzelfütterung aus Irog
	27 ¹⁾	27 Tiere vom Schlachthof Ludwigsburg	nicht bekannt	nicht bekannt
Sauen (knapp 1-5 Jahre)	14	10 Tiere aus der TKBA Kornwestheim	nicht einheitlich ²⁾	nicht einheitlich ³⁾
		3 Tiere aus der Versuchsstation Unterer Lindenhof	Dänische Aufstallung	Fertigfutter (Sauenalleinfutter)
		1 Tier vom Institut für Tierhaltung und Tierzüchtung der Univ. Hohenheim	Gruppenhaltung	Fertigfutter (Sauenalleinfutter), gelegentlich Rübenzufütterung

1) Zur ergänzenden Untersuchung von Skapula und Humerus.

2) Von Schulter-Gurt-Anbindung ("IBO-Bügel") über Käfighaltung (1,80 auf 2 m) bis zur Freilaufform.

3) Von Fertigfutter bis hin zu ausgewogener Mischung aus Hafer, Gerste, Weizen und Eiweiß-Konzentrat oder Mineralzusatz.

zum Teil größeren Umfang ein (wie z.B. an der Incisura trochlearis der Ulna und am Os tarsi centrale und quartum), erstreckten sich jedoch meist nur mäßig weit auf die Gelenkflächen. Die Befunde an den Gelenken wurden folgendermaßen gegliedert:

Gruppe I : ohne besonderen Befund

Gruppe II : lokale rötliche Verfärbung des Gelenkknorpels

Gruppe III: Gruben oder schmale Einziehungen, deren Grund noch mit Knorpel bedeckt ist

Gruppe IV : Gruben mit weitgehend oder völlig knorpelfreiem Grund.

Wenn bei lokalen Verfärbungen bzw. bei Vertiefungen im Gelenkknorpel Zweifel an der Bewertung bestanden, wurden der nachfolgende histologische Befund bzw. die Tatsache berücksichtigt, ob es sich um eine Lokalisation handelt, bei der bei den älteren Tieren Synovialgruben regelmäßig auftraten oder nicht. Die Abgrenzung der einzelnen Befunde kam unter Zuhilfenahme einer Stereolupe zustande. Pathologisch-anatomische Befunde wurden gesondert vermerkt.

3.1.2.2 Histologische Untersuchung

3.1.2.2.1 Probenentnahme und Fixierung

Bei einem Teil der Tiere (s. Tab. 2) wurden für die histologische Untersuchung fünf Lokalisationen entnommen. An diesen waren entweder bereits Gruben in typischer Weise vorhanden oder es war aufgrund der makroskopischen Untersuchungsbefunde zu erwarten, daß sich dort Gruben ausbilden oder die Befunde waren makroskopisch nicht abzuklären und bedurften deshalb einer histologischen Untersuchung.

1. Proximale Gelenkfläche des Radius
2. Distale Gelenkfläche des Radius
3. Distale Gelenkfläche des Os carpi intermedium
4. Distale Gelenkfläche der Tibia
5. Gelenkfläche der Skapula.

Dafür waren folgende Kriterien ausschlaggebend:

- a) Unterschiedliche Form und Größe der Gelenkflächen (proximale Gelenkfläche des Radius und distale Gelenkfläche der Tibia als Teile eines Wechselgelenkes mit großen Flächen; distale Gelenkfläche des Os carpi intermedium als Teil eines strafferen Gelenkes mit kleiner Fläche).
- b) Unterschiedlicher Zeitpunkt des Auftretens der Gruben (besonders früh am Os carpi intermedium, besonders spät an der Tibia).
- c) Unterschiedliche Gestalt (großflächig und tief an der proximalen Gelenkfläche des Radius, großflächig und flach an der distalen Gelenkfläche der Tibia, schmal und spaltförmig an der distalen Gelenkfläche des Radius)
- d) Histologische Abklärung der variablen makroskopischen Befunde (Skapula).

Die Entnahme stellen sind aus Abbildung 1 zu entnehmen. Die entnommenen Knochenstücke wurden unverzüglich in Fixierlösung verbracht und 5 Tage lang fixiert. In der Anfangszeit wurden die Proben nach KNESE (1972) mit einem Gemisch aus Alkohol, Sublimat, Formol und Eisessig (ASFE) fixiert. Später wurde versuchsweise zur Fixierung eine Mischung von 0,5 % Cetylpyridiniumchlorid (Cpc) in 4 % Formalin nach WILLIAMS und JACKSON (ROMEIS, § 1129) verwandt. Vorteile der ASFE-Fixierung gegenüber der Cpc-Fixierung waren nach Überprüfung der gefärbten Schnitte im Mikroskop nicht feststellbar. Die einfachere Handhabung sprach daher letztlich für die ausschließliche Verwendung der Cpc-Fixierung.

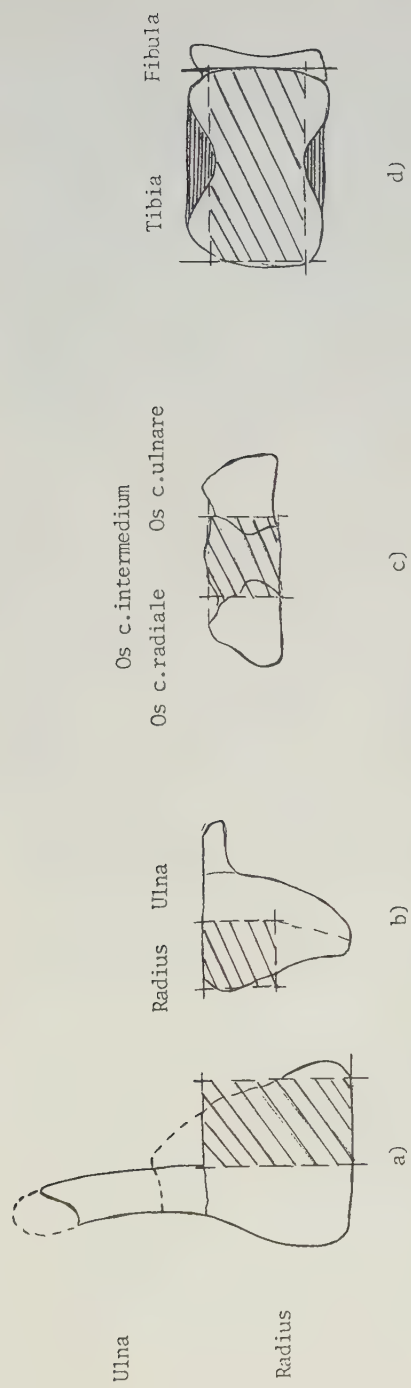


Abb. 1: Entnahmestellen der Proben (schraffiert)

- a) Proximale Gelenkflächen des Antebrachium
- b) Distale Gelenkflächen des Antebrachium
- c) Distale Gelenkflächen der Ossa carpi
- d) Distale Gelenkflächen der Ossa cruris

3.1.2.2.2 Entkalkung

Nach kurzem Wässern erfolgte anfänglich die Entkalkung mit Äthylendiamintetraessigsäure (AeDTE) ^{*)} 19,5 % bei einem pH von 7,4 im Brutschrank bei 37°C (ROSIVAL und TOMIK, 1963; ROMEIS, § 1645). Aus Zeitgründen wurde später - nachdem sich bei Überprüfung keine Nachteile gezeigt hatten - mit Ameisensäure (45 %) mit Natriumcitrat (nach LUNA, 1968) auf einem Magnetrührer entkalkt. Die Dauer der Entkalkung betrug bei Verwendung von AeDTE zwischen acht und zehn Wochen, bei der Entkalkung mit Ameisensäure zwischen einer Woche und zehn Tagen. Der Grad der Entkalkung wurde mit Hilfe von Röntgenaufnahmen überprüft.

3.1.2.2.3 Entwässerung und Einbettung

Die mit Ameisensäure behandelten Präparate wurden über Nacht, die mit AeDTE behandelten zwei Stunden lang gewässert. Anschließend wurden sie über die aufsteigende Alkoholreihe, Benzoesäuremethylester und Benzol in Paraplast ^R bzw. Histowachs ^(R) eingebracht. Mit einem Schlittenmikrotom Typ 1400 der Firma Leitz wurden von jeder Probe zwischen 25 und 40 Schnitte (10µ) angefertigt und auf gelatinierte Objektträger aufgezogen.

3.1.2.2.4 Färbung

Folgende Färbungen wurden verwandt:

1. Hämalaun - Eosin (H.E.) (ROMEIS § 648)
2. van Gieson (v.G.) (ROMEIS § 668)
3. Alcian Blau (A.B.) 8 GX bei pH 1,0
(SPICER et al., 1967)

*) Titriplex ^(R) II, Merck-Nr. 8417

4. Alcian Blau 8 GX mit 0,4 m $MgCl_2$ oder mit 0,9 $MgCl_2$ (SCOTT und DORLING, 1965)
5. PAS-Reaktion mit Leukofuchsin nach GRAUMANN (ARNOLD, 1968)
6. Toluidinblau (T.B.) 0,02 % wässrig.
Färbedauer: 20 Minuten.

Die mit Toluidinblau gefärbten Präparate wurden in wässrigem Medium eingedeckt (KARION F^R; Merck), alle anderen Präparate mit künstlichem Kanadabalsam (Caedax^R).

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Makroskopische Befunde

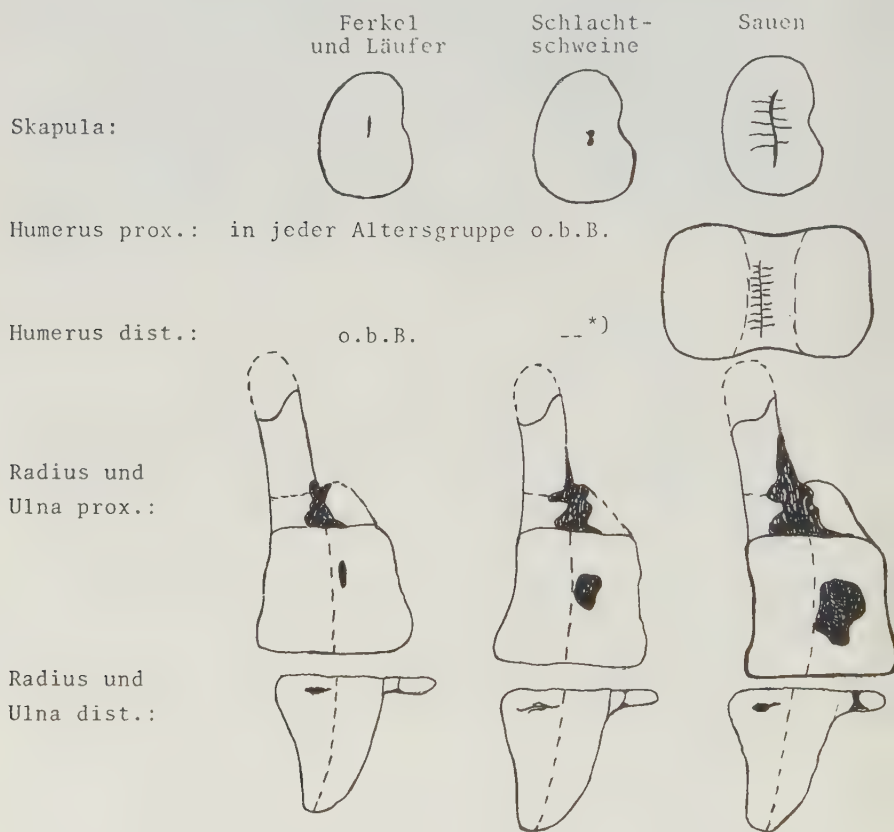
Die regelmäßig bzw. fakultativ auftretenden Synovialgruben und -ausschnitte des Schweines sind bezüglich ihrer durchschnittlichen Ausdehnung und der Lokalisation auf den Gelenkflächen in Abbildung 2 eingezeichnet (s.S. 28 u. 29).

Bemerkungen zu den einzelnen Gelenkflächen:

Gelenkfläche der Skapula:

An dreizehn untersuchten Gelenkflächen bei Ferkeln und Läufern kamen niemals Synovialgruben vor. Sechs Gelenkflächen von diesen waren ohne besonderen Befund, bei sieben war der Gelenkknorpel lokal verfärbt. Bei siebenundzwanzig untersuchten Gelenkflächen von Schlachtschweinen war eine Gelenkfläche ohne besonderen Befund, bei allen anderen waren Knorpelvertiefungen vorhanden, die jedoch nach Form und Ausdehnung stark variierten und deshalb einer histologischen Abklärung bedurften. Von elf untersuchten Gelenkflächen bei Sauen waren drei ohne besonderen Befund, zwei zeigten lokale Verfärbungen des Gelenkknorpels und an fünf Gelenkflächen waren schmale, aber sehr lange Einziehungen zu sehen. Eine Gelenkfläche wies ein riesengroßes blutgefülltes "Loch"

Abb. 2: Lokalisation und durchschnittliche Ausdehnung der Synovialgruben und -auschnitte der (linken) Vordergliedmaße beim Schwein



proximale
Gelenkflächen in jeder Altersgruppe o.b.B.
der Interkarpal-
reihe:

*) nicht untersucht

Abb. 2: Fortsetzung

Ferkel
und Läufer

Schlacht-
schweine

Sauen

Os carpi ulnare: in jeder Altersgruppe o.b.B.
dist.

Os carpi interme-
dium dist.



Os carpi radiale: in jeder Altersgruppe o.b.B. *)
dist.

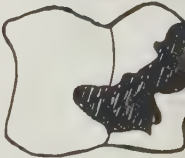
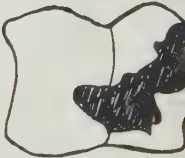
proximale und
distale Gelenk-
flächen der : niemals Synovialgruben,
Karpalreihe oft Synovialausschnitte

proximale Ge-
lenkflächen : in jeder Altersgruppe o.b.B.
der Metakarpal-
reihe

distale Gelenk-
flächen der Me- : bei Ferkeln und Läufern niemals Synovial-
takarpalreihe gruben, bei Schlachtschweinen und Sauen
und Zehengelenke entweder o.b.B. oder Synovialgruben oder
-ausschnitte oder Veränderungen, die in den
arthrotischen Bereich gehören

*) Bei Schlachtschweinen und Sauen finden sich ganz verein-
zelt Synovialgruben

Abb. 3: Lokalisation und durchschnittliche Ausdehnung der Synovialgruben und -ausschnitte der (linken) Hintergliedmaße beim Schwein

	Ferkel und Läufer	Schlacht- schweine	Sauen
Hüftgelenk : in jeder Altersgruppe o.b.B. und Kniegelenk			
Tibia dist.			
Talus und Calcaneus : in jeder Altersgruppe o.b.B. prox.			
Talus und Calcaneus dist.:			
Os tarsi centrale und Os tarsale quartum, prox. :			
Ossa tarsalia dist. u. Ossa metatarsalia : in jeder Altersgruppe o.b.B. prox.			
Ossa metatarsalia dist. und Zehengelenke : die Befunde entsprechen denen der Vordergliedmaße			

auf, das mit Sicherheit einem pathologischen Geschehen zugeordnet werden muß (das betroffene Tier hatte einen Knochentumor am Processus coracoideus).

Proximale Gelenkfläche des Humerus:

An dreizehn untersuchten Gelenkflächen bei Ferkeln und Läufern waren niemals Synovialgruben vorhanden; alle Gelenkflächen waren ohne besonderen Befund.

Bei den Schlachtschweinen waren ebenfalls niemals Synovialgruben vorhanden (nur gelegentlich arthrotisch veränderter Gelenkknorpel).

Bei den Sauen waren von elf untersuchten Gelenkflächen acht ohne besonderen Befund, zwei wiesen "Risse" im Knorpel auf, und in einem Fall - es handelt sich dabei wieder um das Tier mit dem Knochentumor - war ebenfalls ein riesiges, blutgefülltes "Loch" vorhanden.

Distale Gelenkfläche des Humerus:

Für Ferkel, Läufer und Schlachtschweine gilt der Befund der proximalen Gelenkfläche. Bei den Sauen waren von elf untersuchten Gelenkflächen drei ohne besonderen Befund. Fünf zeigten Knorpelrauhigkeiten und schmale Einziehungen und an drei Gelenkflächen waren arthrotische Prozesse vorhanden.

Proximale Gelenkfläche des Radius:

Bis zum Alter von acht Wochen waren bei sechzehn untersuchten Gelenkflächen sechs ohne besonderen Befund und zehn zeigten lokale Verfärbungen des Gelenkknorpels. Im Alter von zehn Wochen war bei dem einen untersuchten Tier an der einen Gelenkfläche eine Knorpel einzziehung und an der anderen eine Synovialgrube, deren Grund noch mit Knorpel bedeckt war. Bei den Läufern war in einem Fall eine Knorpel einzziehung, in den anderen Fällen waren Synovialgruben vorhanden, ebenfalls mit Knorpel in ihrem Grund. Bei den Schlachtschweinen waren stets Synovialgruben vorhanden, und beim ältesten Tier dieser Gruppe war der Knorpel weitgehend abgebaut. Bei den Sauen waren stets knorpelfreie Synovialgruben vorhanden.

Proximale Gelenkfläche der Ulna:

Synovialgruben kamen niemals vor, dafür waren an der Incisura trochlearis ab einem Alter von fünf Wochen stets Synovialausschnitte vorhanden.

Distale Gelenkfläche des Radius:

Bei den Ferkeln war diese Gelenkfläche nur zweimal ohne Befund, sonst war immer eine lokale Verfärbung des Gelenkknorpels vorhanden. Bei den Läufern waren im Alter von drei Monaten Knorpel einziehungen und später Synovialgruben mit knorpelhaltigem Grund vorhanden. Bei den Schlachtschweinen waren gleichermaßen schmale Knorpel einziehungen wie Synovialgruben vorhanden, die zum Teil schon knorpelfrei waren. Bei den Sauen waren doppelt so oft schmale Knorpel einziehungen wie typische Synovialgruben ausgebildet und in zwei Fällen war die Gelenkknorpeloberfläche noch erhalten und zeigte nur lokale Verfärbungen.

Distale Gelenkfläche der Ulna:

Niemals Synovialgruben.

Proximale Gelenkflächen der Interkarpalreihe:

In keiner Altersklasse Synovialgruben. (Nur bei einem sieben Wochen alten Ferkel zeigten sich lokale Verfärbungen am Gelenkknorpel des Os carpi intermedium.)

Distale Gelenkflächen der Interkarpalreihe:

Os carpi ulnare: niemals Synovialgruben.

Os carpi intermedium: Bei den Ferkeln und Läufern variierten die Befunde sehr stark, und zwar von lokalen Verfärbungen des Gelenkknorpels bis zu "Bandgruben". Bei den Schlachtschweinen war der Befund nahezu entsprechend, nur daß hier auch typische Synovialgruben vorkamen. Bei vorsichtiger Eröffnung der Gelenkhöhle war ein Gefäß zu erkennen, das von dieser Grube des Os carpi intermedium nach distal zu dem Synovialausschnitt zog, der sich auf die proximalen Gelenkflächen des Os carpale III und des Os carpale IV erstreckt. Bei den

Sauen waren stets Synovialgruben vorhanden.

Os carpi radiale: Bei Ferkeln und Läufern niemals Synovialgruben, bei den Schlachtschweinen und Sauen hatten von neunzehn untersuchten Gelenkflächen vier schmale Knorpel einzichungen und drei Gruben. Bereits bei den Ferkeln waren gelegentlich Synovialausschnitte vorhanden.

Proximale und distale Gelenkflächen der Karpalreihe:

Niemals Synovialgruben, dafür aber meist Synovialausschnitte und gelegentlich Knorpelrauhigkeiten und kleine "Risse".

Proximale und distale Gelenkflächen der Metakarpalreihe:
siehe oben.

Proximale und distale Gelenkflächen der Phalangen der Vordergliedmaßen:

Bei Ferkeln und Läufern niemals Synovialgruben. Bei den Schlachtschweinen und Sauen variierten die Befunde sehr stark, und zwar können die Gelenkflächen entweder ohne Befund sein, oder der Knorpel kann lokal verfärbt sein. Es können aber auch Knorpelrauhigkeiten (in den arthrotischen Bereich gehörend) und echte Synovialgruben und Synovialausschnitte vorkommen.

Acetabulum:

Niemals Synovialgruben.

Proximale Gelenkfläche des Femur:

Niemals Synovialgruben. (Bei den Sauen kan nur einmal eine lokale Verfärbung des Gelenkknorpels und eine Knorpelrauhigkeit vor.)

Distale Gelenkfläche des Femur:

Niemals Synovialgruben. (Bei den Sauen waren von vierzehn untersuchten Gelenkflächen neun ohne besonderen Befund; einmal war eine lokale Verfärbung, einmal eine Rauhigkeit und zweimal waren "Risse" des Gelenkknorpels vorhanden. In einem Fall war die Gelenkfläche durch blutige Zerstörung des Gelenkknorpels stark verändert.)

Patella:

Niemals Synovialgruben.

Proximale Gelenkfläche der Tibia:

Niemals Synovialgruben.

Distale Gelenkfläche der Tibia:

Bei den Ferkeln und Läufern nahezu immer lokale Verfärbungen des Gelenkknorpels.^{*)} Bei den Schlachtschweinen und Sauen waren stets Synovialgruben vorhanden.

Proximale Gelenkflächen des Talus und des Calcaneus:

Niemals Synovialgruben.

Distale Gelenkflächen des Talus und des Calcaneus:

Nie Synovialgruben, dafür aber bereits ab einem Alter von einer Lebenswoche nahezu stets Synovialausschnitte.

Proximale Gelenkfläche des Os tarsi centrale und des Os tarsale quartum:

Bereits bei einer Woche alten Ferkeln war zwischen Os tarsi centrale und Os tarsale quartum regelmäßig ein Synovialausschnitt ausgebildet, der aber zum überwiegenden Teil das Os tarsale quartum betraf. Auf diesem war auch - nicht ganz so regelmäßig - plantar eine Synovialgrube vorhanden, die mit einer Synovialisfalte in Verbindung stand, die in den Spalt zwischen Talus und Calcaneus zog.

Der Synovialausschnitt dehnte sich immer weiter aus und konnte bereits bei zehn Wochen alten Schweinen den plantaren Gelenkrand des Os tarsale quartum erreichen.

Distale Gelenkflächen der Tarsalknochen:

Niemals Synovialgruben, aber ab dem Ferkelalter Synovialausschnitte.

Proximale Gelenkflächen der Metatarsalknochen:

siehe oben.

Distale Gelenkfläche der Metatarsalknochen:

Bei Ferkeln und Läufern waren niemals Synovialgruben vorhanden; bei den Schlachtschweinen und den Sauen va-

*) Bei den Läufern auf der medialen Seite der Gelenkfläche beginnende Knorpelvertiefungen.

rierten die Befunde sehr stark, und zwar konnten die Gelenkflächen frei von Befunden sein, oder es lagen nur lokale Verfärbungen des Gelenkknorpels vor, oder Rauheiten oder sogar Synovialgruben und -ausschnitte waren vorhanden.

Proximale und distale Gelenkflächen der Phalangen der Hintergliedmaßen:

Diese Befunde entsprachen den oben genannten.

3.2.2 Histologische Befunde

3.2.2.1 Proximale Gelenkfläche des Radius

Ferkel und Läufer:

Erste Anzeichen der Synovialgrubenbildung waren bei einem Ferkel im Alter von vier Wochen zu erkennen. In der lateralen Gelenkhälfte blieb der Knorpel in drei umschriebenen Bereichen der proximalen Wachstumszone des Epiphysenkerns bestehen und ragte dort zapfenförmig in die Tiefe. Auffallend war, daß im Bereich dieser Zapfen Blutgefäße in den Knorpel eingeproßt waren, während in der Umgebung die Gefäße nicht über die Eröffnungszone hinaus reichten.

Bei dem zweiten Tier gleichen Alters deutete sich diese Entwicklung nur dadurch an, daß an entsprechender Lokalisation ein Blutgefäß in den Knorpel gelenkwärts vorgewachsen war. Mit den histochemischen Färbungen waren bei diesen Tieren noch keine sicher abgrenzbaren Befunde zu erheben.

Die weitere Entwicklung der Synovialgruben stellte sich so dar, daß im Alter von fünf Wochen die ursprünglich platten Oberflächenzellen über den Knorpelzapfen voluminöser wurden und mehr polygonale Gestalt annahmen (s. Abb. 4, S. 38). Ab der sechsten Woche fiel auf, daß bei den mit Alcian Blau und Toluidinblau gefärbten Präparaten um die - in die

Knorpelzapfen eingesproßten - Gefäße eine deutlich geringere Farbintensität vorhanden war. Das weist auf einen Verlust an sauren Mukopolysacchariden hin. In der PAS-Färbung war der Verlust der Anfärbbarkeit nicht so ausgeprägt.

Deutliche Unterschiede zu den geschilderten Verhältnissen machten sich erst bei den vier Monate alten Läufern bemerkbar, indem hier der Knorpel nicht nur in Form kleiner Zapfen, sondern in einem etwas größeren Bereich erhalten geblieben war und sich dort die Gelenkfläche, deutlich erkennbar, faltenartig einsenkte. Asymmetrisch verteilt auf die Faltenschenkel war die Oberfläche im Gegensatz zur Umgebung locker und neigte dazu, sich in den Präparaten von dem darunterliegenden typischen Knorpel abzulösen. Gelenkflächenwärts waren polygonale Deckzellen ausgebildet, die von einem tangentialfaserigen Bindegewebe unterlagert waren. Diese Entwicklung deutete sich bei den drei Monate alten Läufern dadurch an, daß in den obersten Schichten des Knorpels kleine Zellen in sehr großer Zahl ausgebildet waren, die relativ häufig paarweise sehr dicht lagen. Diese Paare dürften durch Teilung aus einer Mutterzelle hervorgegangen sein. In ihrer Interzellulärsubstanz fehlt bei Färbung mit Toluidinblau die Metachromasie. Bei dem vier Monate alten Tier waren die spongiosawärtigen Knorpelzellen der Wachstumszone in der Umgebung deutlich aufgetrieben, während die Zellen im Bereich des verzögerten Wachstums zwar säulenförmig angedeutet, aber auffallend klein blieben. Eine deutliche Eröffnungszone fehlte.

Bei dem zweiten, einen halben Monat älteren Tier dieser Altersgruppe waren ähnliche Verhältnisse zu erkennen. Die Einziehung der Gelenkfläche wirkte allerdings weniger steil und faltenartig als bereits muldenförmig ausladend. Auch mit histochemischen Färbemethoden ergaben sich keine neuen Kriterien.

Nebenbefunde:

Überraschend war, daß relativ häufig in den untersuchten Gelenkflächen knorpelzellarme Bezirke auftraten, die besonders in der spongiosaseitigen Hälfte des Knorpels anzutreffen waren.

Solche Befunde ergaben sich schon bei einem drei Wochen alten Ferkel. Die erwähnten Bezirke waren auch nur schwach mit Alcian Blau und Toluidinblau anfärbbar. Erwähnenswert erscheint auch, daß die Knorpelsäulen nicht immer radiär zur Oberfläche, sondern bei einer Reihe der Präparate eher gelenkrandwärts ausgerichtet erschienen (s. Abb. 5, S. 38). Relativ häufig waren auch keine typischen Säulen, sondern eher ovale Knorpelzellnester vorhanden, die sich aber von Clustern in pathologisch veränderten Gelenkbezirken dadurch unterscheiden, daß sie kleiner waren und die Interzellulärsubstanz in ihrer Umgebung keine Abweichung in Struktur und Anfärbbarkeit aufwies.

Bei einem drei Monate alten Läufer (23 kg KG) war die Gelenkfläche offenbar eingerissen gewesen. Ein bis in die Spongiosa reichender Defekt mit Blutungsherden war bei diesem Tier mit ausgereiftem, straffem Granulationsgewebe angefüllt; die Knorpeloberfläche war wieder geschlossen. Der Knorpel am Rand des Defektes wies deutliche Clusterbildung auf.

Bei einem 4 1/2 Monate alten Läufer (50 kg KG) zeigte der Gelenkknorpel ininigem Abstand von der sich ausbildenden Synovialgrube deutliche Anzeichen einer beginnenden Arthrose mit Clusterbildung und Auffaserung der Interzellulärsubstanz. Horizontale Spalten in der zellosen Matrix deuteten den Beginn einer Chondrosis dissecans an. Interessant war an diesem Fall, den offensichtlich pathologischen Prozeß mit der Synovialgrubenbildung vergleichen zu können. Ein ausgedehnter Blutungsherd im Epiphysenkern fand sich bei einem sieben Wochen alten Ferkel, ohne daß jedoch Auswirkungen auf dem darübergelegenen Gelenkknorpel zu sehen waren.

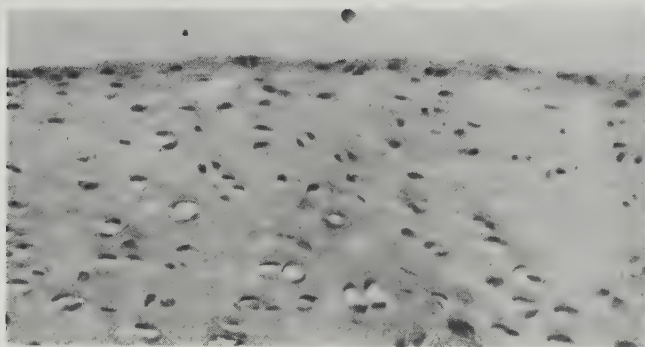


Abb. 4: Proximale Gelenkfläche des Radius. Ferkel, 5 Wochen.
Die ursprünglich platten Oberflächenzellen sind
voluminöser.

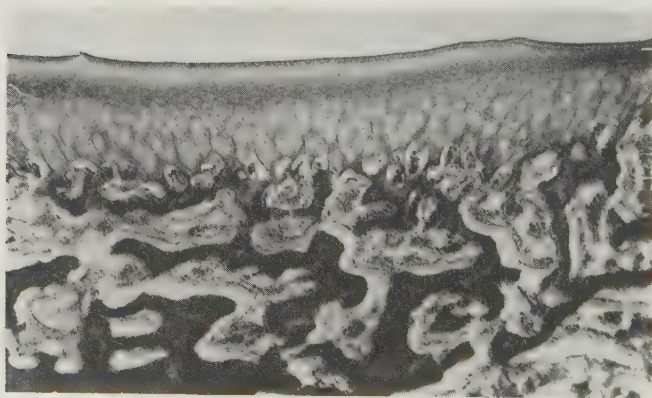


Abb. 5: Proximale Gelenkfläche des Radius. Ferkel, 6 Wochen.
Die Knorpelsäulen sind gelenkrandwärts ausgerichtet.

Schlachtschweine:

Das histologische Bild der Synovialgruben war bei sieben von zehn Tieren recht einheitlich und wies bei drei Tieren Besonderheiten auf, die weiter unten näher beschrieben werden sollen.

Bei den sieben Tieren war im Grund der jetzt immer muldenförmig ausladenden Gruben stets noch Knorpel vorhanden, wobei mit zunehmendem Alter der Tiere bereits Unterbrechungen des - bei jüngeren Tieren noch einheitlichen - Knorpels vorkamen. Im Bereich dieser Unterbrechungen verliefen Gefäße aus der Spongiosa in die Bindegewebslagen der Grubenoberfläche.

Diese Bindegewebslagen waren stets gefäßfrei, solange keine Verbindung zur Spongiosa nachweisbar war. Das Bindegewebe war auch bei den jüngeren Tieren dieser Gruppe als deutlich erkennbare Lage ausgebildet. Mit zunehmendem Alter bildeten sich immer mehr Fettzellen in ihm aus. Die Oberfläche wurde von großen, kubischen bis polygonalen Zellen in einer oder mehreren Schichten gebildet, die morphologisch Synovialisdeckzellen glichen. Diese Zellen und ihre Interzellulärsubstanz, die zum Teil die Zellen gelenkhöhlenwärts bedeckte, waren Alcian Blau negativ und färbten sich mit Kernechtrot kräftig an. Die Dicke dieses roten "Saumes" nahm an den Rändern der Synovialgrube zur übrigen Gelenkfläche hin erst sehr allmählich ab. Dieser Saum neigte in den Präparaten dazu, sich vom übrigen Gelenkknorpel abzuheben, und wo er breiter war, sich in mehrere Horizontallagen aufzufasern.

Die Ausdehnung der Synovialgruben war nicht identisch mit der Ausdehnung der grubenförmigen Einziehung des Gelenkknorpels, sondern der von der Synovialgrube beanspruchte Bereich war kleiner und verteilte sich asymmetrisch auf die Fläche der Einziehung. Die Grubenränder gingen in typischer Weise in den Gelenkknorpel über, wobei sich am Knorpelrand eine Art Schulter ausbildete. Hier ging deutlich das Bindegewebe der Grube in die Tangentialzone des

Gelenkknorpels über bzw. aus dieser hervor.

An dieser "Knorpelschulter" fanden sich regelmäßig auch Hinweise auf ein weiteres Wachstum der Grube in die Breite, indem hier Blutgefäße über die Eröffnungszone hinaus in den Knorpel einwuchsen und sich um diese Gefäße herum zum Teil Knochen bildete.

Wie erwähnt, war unter der Bindegewebsschicht in dieser Altersgruppe immer Knorpel vorhanden, wenn auch zum Teil unterbrochen. Die Breite dieses Knorpels war aber in den meisten Gebieten der Gruben deutlich geringer als die Dicke des ursprünglich stehengebliebenen Knorpelbezirkes. An einzelnen Stellen war auch hier erkennbar, daß Blutgefäße über die Eröffnungszone hinaus in den Knorpel vorgedrungen waren und dort den Beginn der Osteogenese induzierten (s. Abb. 6, S. 41). In manchen Fällen war, asymmetrisch zur Gesamtgrube, ein schräg in die Spongiosa verlaufender Knorpelzapfen erhalten geblieben, dessen keilförmige Oberfläche vom Bindegewebe des Grubengrundes ausgefüllt wurde. In einigen Fällen wies die Grubenoberfläche in diesem Bereich eine faltenförmige Einziehung auf. In der Tiefe dieses Keils, wo der Knorpel faltenartig gegeneinander gepreßt wurde, wies dieser Anzeichen degenerativer Prozesse auf, wie beginnende Auffaserung der Interzellulärsubstanz, verminderte Anfärbbarkeit mit Toluidinblau und Alcian Blau durch Mukopolysaccharid-Verlust und Zellarmut.

Die spongiosawartige Eröffnungszone war durch wenig aufgeblähte Zellen des Säulenknorpels gekennzeichnet.

Im gesamten Grubenbereich, mit Ausnahme des Randes, war die Tendenz der Spongiosa zur Ausbildung einer Horizontal-lamelle auffällig; ebenso die Tatsache, daß die Spongiosa unter der Grube eindeutig besser mineralisiert war als in der Umgebung. Knorpelinseln, sogenannte "Rosetten", die im Epiphysenkern auch der Schlachtschweine sehr reichlich vertreten waren, fehlten hier fast völlig. Drei der Schlachtschweine wiesen gewisse Unterschiede zu den geschilderten Verhältnissen auf:

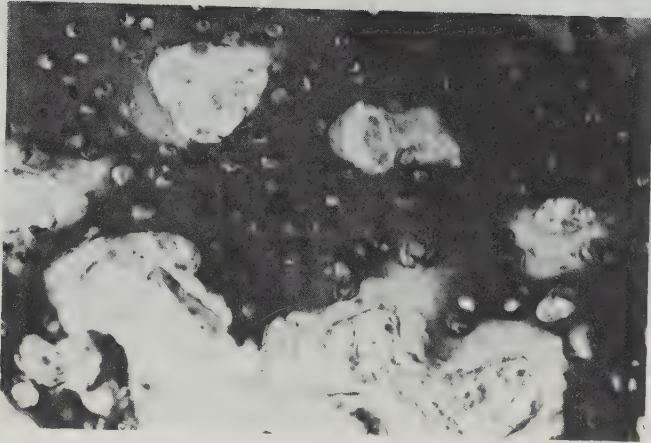


Abb. 6: Proximale Gelenkfläche des Radius.

Schlachtschwein.

3 Blutgefäße sind über die Eröffnungszone hinaus
in den Knorpel vorgedrungen und induzieren dort
den Beginn der Osteogenese.

Bei einem Tier wurde das noch spärlich ausgebildete Bindegewebe der Grube fast völlig von hyalinem Knorpel verdrängt, der mit dem einen Knorpelrand in zungenförmiger Verbindung stand. Diese Knorpelzellwucherung wurde von Synovialisdeckzellen bedeckt. Bei einem weiteren Tier war der Knorpel im Bereich der sich ausbildenden Grube durch Einrisse, mehr oder weniger senkrecht zur Gelenkfläche, in mehrere fingerförmige Bezirke geteilt. Innerhalb dieser Areale, aber auch am Rand der Grube, war der Knorpel zum Teil zellarm, und die Interzellulärsubstanz wies stark eosinophile Bezirke auf. Weil die Säulenordnung des Knorpels mehr oder weniger gut erhalten war, Cluster fehlten, und die Auffaserung sich auf wenige Einrisse beschränkte, vermittelte der Prozeß eher den Eindruck einer polypösen Wucherung in das sich ausbildende Grubenlumen als den eines degenerativen Abbaus. Bei einem dritten Tier ragten vom Rand her in das Bindegewebe der Grube zwei zungenförmige Knorpelbezirke hinein. Beide enthielten zentral Spongiosa, die mit der Spongiosa der Umgebung in Verbindung stand. Über beiden Knorpelzungen befand sich je eine Knorpelinsel, von denen die eine im Bindegewebe der Grube - dicht unter der Oberfläche -, die andere in den obersten Bindegewebsschichten lag. In der Spongiosa der größeren, Knorpelzunge, aber auch in der subchondralen Spongiosa am Rande der Grube war das Knochenmark auffallend zellreich und enthielt neutrophile Granulozyten, Lymphozyten und Plasmazellen. Auch einzelne Synovialisbezirke waren zellreich und mit Granulozyten und Plasmazellen infiltriert (s. Abb. 7 u. 8, S. 43).

Nebenbefunde:

Auch in dieser Altersgruppe waren immer wieder zellfreie Bezirke im Gelenkknorpel zu finden. Abgesehen von den erwähnten drei Fällen waren aber weitergehende degenerative Erscheinungen nicht vorhanden.

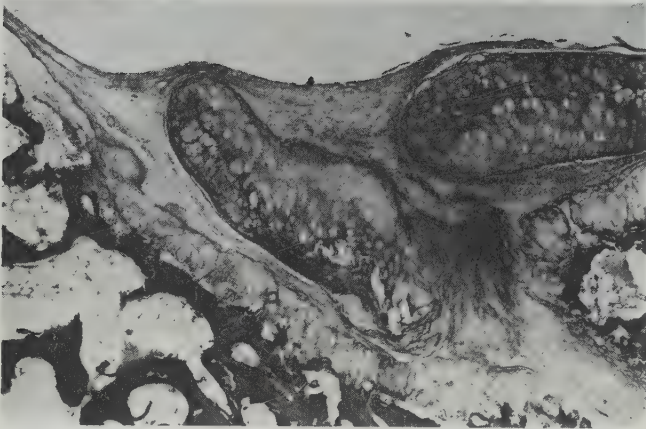


Abb. 7: Proximale Gelenkfläche des Radius. Schlachtschwein.
Zungen- bzw. inselförmiges Knorpelwachstum im
Bindegewebe der Synovialgrube.

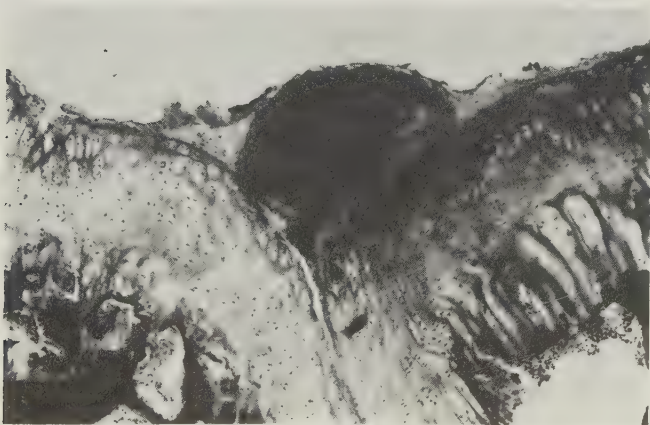


Abb. 8: Proximale Gelenkfläche des Radius. Schlachtschwein.

Sauen:

Bei den Tieren dieser Gruppe stellte sich die Synovialgrube in der proximalen Gelenkfläche des Radius trotz des unterschiedlichen Alters (von knapp 1 bis 2 1/2 Jahren) ziemlich einheitlich dar. Ihr Rand fiel stark ab. Bei diesen Tieren waren Grubenrand und Knorpelrand identisch, die "Schulter" war deutlich ausgebildet. Auch hier ging wieder das Bindegewebe klar erkennbar aus der Tangentialzone hervor. Die Zellkerne an der Gelenkknorpeloberfläche waren klein und platt. Schon bereits kurz vor dem Grubenrand nahmen sie jedoch an Größe zu, und in der Grube war das Bindegewebe wieder von mehr oder weniger voluminösen Deckzellen in ein bis mehreren Lagen bedeckt. Das Bindegewebe der Gruben war individuell unterschiedlich, teils auffallend straff und gefäßarm, teils sehr locker gebaut, fettreich und mit viel Blutgefäßen versehen, so daß man einen straffen und einen lockeren Grubentyp unterscheiden kann. Bei dem straffen Typ waren auch die Deckzellen platter als bei dem lockeren Typ. Auch innerhalb einer Grube konnten zuweilen diese Unterschiede bestehen, und zwar war dann die Grube in ihren Randbezirken mehr straff, im Zentrum eher locker gebaut.

Auch bei diesen Gruben kamen die Blutgefäße immer aus der Spongiosa. Sie reichten meist bis unter die Deckzellen.- Abgesehen von den Rändern wiesen die Synovialgruben keinen Knorpel mehr auf, sondern das Bindegewebe war dem Knochengewebe direkt aufgelagert. Die Spongiosa war grubenwärts durch eine typische Endplatte, die sogenannte Horizontal-lamelle abgeschlossen, die aber Gefäße durchtreten ließ. Der Knorpel in der weiteren Umgebung der Synovialgruben zeigte keine von der Norm abweichenden Befunde. Aber in der unmittelbaren Umgebung der Gruben zeigte sich der Übergang zu denselben in einem allmählich zunehmenden Verlust an Mukopolysacchariden, erkennbar an der verminderten Anfärbbarkeit, vor allem mit Alcian Blau bei einem pH von 1,0. Die Knorpel"schulter" war jedoch wieder stär-

ker anfärbbar, vor allem mit Alcian Blau mit 0,4 m $MgCl_2$. Die Säulen des Gelenkknorpels richteten sich in der Regel etwas mehr grubenwärts aus, und die Tangentialzone lockerte sich immer stärker auf. Der Übergang vom Knorpel zum Bindegewebe der Grube war entweder scharf konturiert oder auf anderen Schnitten durch das Einwachsen eines Gefäßes vom Bindegewebe her gezackt. In anderen Präparaten waren Blutgefäße in der Schulter zu erkennen, die von der Spongiosa her nach Durchdringen der Eröffnungszone eingewachsen waren. In beiden Fällen induzierte die Anwesenheit der Gefäße im Gelenkknorpel histochemisch eine verstärkte metachromatische Anfärbung mit Toluidinblau, jedoch mit Alcian Blau eine verminderte Anfärbbarkeit. Stellenweise waren Anzeichen einer beginnenden Osteogenese zu erkennen, so daß in den Fällen, in denen die Gefäße aus der Spongiosa eingedrungen waren, die Knochenbildung, teilweise unter Überspringen der eigentlichen Wachstumszone, stattfand.

Das Einsprossen der Gefäße war bei den jüngeren Tieren stärker als bei den Alten (s. Abb. 9 u. 10, S. 46).

Die Spongiosa unter der Grube war auch bei den Tieren dieser Altersgruppe frei von Knorpelresten, während sich bis ins höchste Alter in der Spongiosa unter der übrigen Gelenkfläche stets noch Knorpelreste fanden. Eine Verkalkungszone im Gelenkknorpel der Schweine ließ sich erst ab einem Alter von über zwei Jahren nachweisen. Bei den zwei Jahre alten Schweinen waren in der Horizontallamelle der Grube an mehreren Orten Osteoklasten zu finden, welche diese offenbar abbauten.

Nebenbefunde:

Beim jüngsten Tier dieser Altersgruppe (elf Monate) war die Gelenkknorpeloberfläche nahe der "Schulter" und in der Schulter aufgelockert und bei Färbung mit PAS traten in Zone I des Knorpels deutlich, in Zone III geringergradig, oberflächenparallele Faserbündel in Erscheinung.

Bei einem zwei Jahre und fünf Monate alten Schwein, von dem

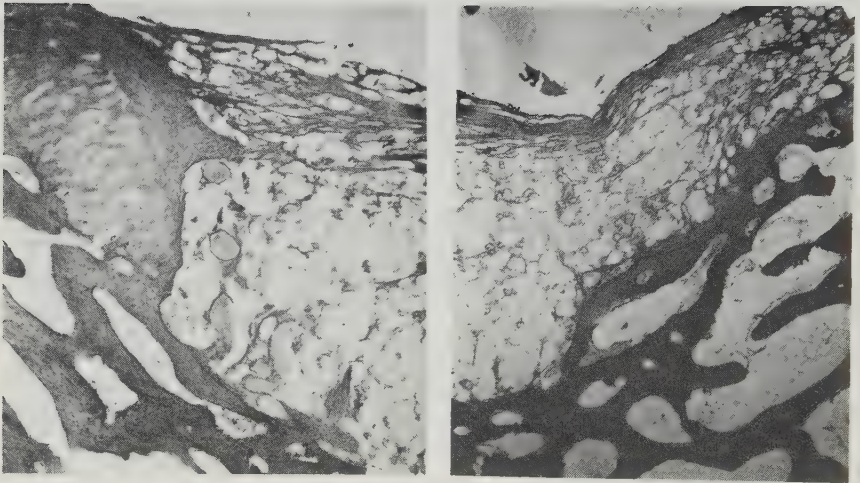


Abb. 9: Proximale Gelenkfläche des Radius. Altsau.
Synovialgrube.

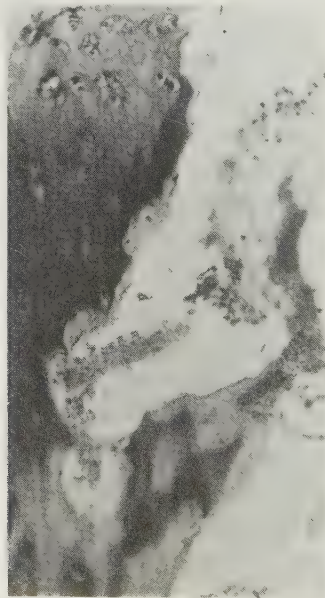


Abb. 10: Weiteres Wachstum der Synovialgrube durch Gefäßein-
sprossung in den Randbezirken mit Osteogenese

sowohl die rechte als auch die linke Gliedmaße untersucht wurde, habe ich festgestellt, daß die Synovialis in beiden Fällen metaplastisch reagierte. Zum einen wurde eine hyalinisierte Zotte gebildet, zum anderen ein kleines Knorpelstück in der Synovialis.

Bei einem ebenfalls über zwei Jahre alten Tier fiel der sukzessive Rückgang der Mukopolysaccharide und des Keratansulfats in den oberen Bereichen des Knorpels besonders auf.

3.2.2.2 Distale Gelenkfläche des Radius

Ferkel und Läufer:

Die Bildung der Synovialgruben an dieser Gelenkfläche begann im Alter von drei Wochen mit dem Bestehenbleiben von Knorpelzapfen im kranialen Drittel der medialen Gelenkhälfte. Bereits in der fünften Woche waren Blutgefäße sehr weit in den Knorpel eingewachsen, so daß sie nur noch durch wenige Knorpelzellagen von der Gelenkhöhle getrennt wurden. Ab der siebten Woche war im späteren Synovialgrubenbereich ein größerer Knorpelbezirk erhalten geblieben, der in einem der Präparate einen sehr großen Gefäßkanal enthielt. Die Oberflächenzellen über dem erhalten gebliebenen Knorpel wurden ab der achten Lebenswoche polygonal und färbten sich mit Toluidinblau stark an, und zwar orthochromatisch.- Ab der zehnten Woche trat unter diesen Zellen auch das Bindegewebe deutlich in Erscheinung und zeigte in den Präparaten die Tendenz zu horizontaler Auffaserung. Die Deckzellen erreichten ihre volle Größe und lagen zum Teil mehrschichtig vor. Die weitere Entwicklung scheint sehr rasch voranzugehen, denn bei einem vier Monate alten Läufer entsprach das histologische Bild noch weitgehend den geschilderten Verhältnissen, während bei einem 4 1/2 Monate alten Läufer die Synovialgrubenbildung sehr weit fortgeschritten

war. Der Knorpel im Grubengrund war bereits abgebaut, das Bindegewebe der Grube sehr locker und enthielt Fettgewebe und Blutgefäße, und die Deckzellen waren in mehreren Lagen vorhanden. Der Übergang zum Gelenkknorpel erfolgte sehr allmählich und über eine relativ weite Strecke, so daß die Schulter flach war. Die Horizontallamelle war noch nicht voll ausgebildet, das Bindegewebe des Knorpelgrundes schloß spongiosawärts mit einem deutlichen Osteoblastensaum ab.

Nebenbefunde:

Nicht nur im Bereich der späteren Synovialgrube, sondern auch an anderen Stellen der Gelenkfläche waren bei den Ferkeln bereits ab der ersten Lebenswoche Gefäße zu erkennen, die bis kurz unter die obersten Knorpelschichten vorgedrungen waren. Die Eröffnungszone behielt dabei ihr übliches Aussehen. Zellose Bereiche im Knorpel waren seltener als auf der proximalen Gelenkfläche. Gelegentlich waren auch hier statt der Säulen ovale Knorpelzellansammlungen ausgebildet.

Schlachtschweine:

Das Erscheinungsbild der Synovialgruben bei dieser Altersgruppe variierte stark. Bei vier von elf Tieren war eine flach-muldenförmige, weit entwickelte Synovialgrube vorhanden, bei sieben Tieren war die Einziehung in die distale Gelenkfläche des Radius ausgesprochen spaltförmig, und in dieser Spalte war die Synovialgrubenbildung unterschiedlich weit fortgeschritten. Stets war die Grube oder ihre Anlage nur auf einer Seite der Spalte und nie am tiefsten Punkt vorhanden (s. Abb. 11, S. 49).

In den muldenförmigen Synovialgruben war der Knorpel abgebaut. Ihre Bindegewebslage war gefäßreich. Fettzellen waren nur wenige vorhanden. Die Horizontallamelle war ausgebildet, wies aber noch einen deutlichen Osteoblastensaum zum Bindegewebe hin auf. Die Synovialgruben in den Spalten waren deutlich weniger weit entwickelt. Hier war der Knorpel



Abb. 11: Distale Gelenkfläche des Radius. Schlachtschwein.
Synovialgrube mit langer Falte.

entweder noch völlig erhalten und der Spalt frei von Bindegewebe, oder der Knorpel war erst an einigen Stellen durchbrochen und die Bindegewebslage war auffallend dünn. Außerordentlich gering waren die Abbauvorgänge am Spaltengrund, so daß der Knorpel dort zapfenförmig tief in die Spongiosa reichte. In der Falte waren am Knorpel degenerative Erscheinungen zu beobachten, wie Asbestauffaserung, Mukopolysaccharid-Verlust, "Verdämmern" der Knorpelzellen, jedoch praktisch keine Clusterbildung. Diese Erscheinungen nahmen nach dem Spaltengrund hin an Intensität zu.

Bei einem Schwein, das an der üblichen Stelle eine muldenförmige Synovialgrube hatte, war im kaudalen Drittel der lateralen Hälfte der Gelenkfläche eine weitere Einziehung in der Gelenkfläche zu erkennen, die dem Bild der sich ausbildenden Synovialgrube bei Ferkeln entsprach. Im Unterschied zu diesen waren die Knorpel einschlüsse in der Spongiosa unter dieser Einziehung nicht stärker abgebaut als in der Umgebung. Die Knorpelsäulen waren nicht schmaler als in der Umgebung.

Die Anfärbung mit Toluidinblau ergab jedoch eine einheitliche, deutliche Metachromasie und auch der Zellverband war ungestört.

Nebenbefunde wurden keine erhoben, was in Anbetracht der relativ häufigen pathologischen Erscheinungen an der proximalen Gelenkfläche beachtenswert ist.

Sauen:

Das sehr unterschiedliche Erscheinungsbild an dieser Lokalisation blieb auch bei den Sauen erhalten. An zwei von 16 untersuchten Gelenkflächen war die Synovialgrubenbildung sogar ausgeblieben. Von den übrigen Gelenkflächen wiesen fünf muldige Gruben und neun Synovialgruben in einer Spalte auf. Eine Abhängigkeit des Grubentyps vom Alter und von der Haltung war nicht festzustellen. Zum Beispiel zeigte sich bei dem fünfjährigen Tier die Synovialgrubenbildung nur in Form einer Spalte. Die muldenförmigen Synovialgru-

ben zeigten keine Besonderheit. Bei den Synovialgruben in den Spalten überraschte, daß sie auch bei diesen Tieren nur auf eine Hälfte der Spalte begrenzt waren. Der Knorpelzapfengrund war noch erhalten. Erwähnenswert ist, daß auch hier der Knorpelabbau in der Spongiosa in Grubennähe deutlich vollständiger erfolgt war als in den übrigen Gebieten.

3.2.2.3 Distale Gelenkfläche des Os carpi intermedium

Ferkel und Läufer:

Die Synovialgrube an dieser Lokalisation entwickelt sich abweichend von der bisher aufgezeigten Synovialgrubenbildung.

Bei den zwei Wochen alten Ferkeln trat ein Blutgefäß von der Spongiosa aus zur Gelenkhöhle. In der Umgebung der Austrittsstelle des Gefäßes an der Gelenkoberfläche fanden sich weitere Gefäße, und die Knorpeloberfläche nahm regional bindegewebigen Charakter an. Das Bindegewebe wurde von typischen Deckzellen bedeckt und enthielt reichlich Blutgefäße. Es ragte stellenweise über die Gelenkoberfläche hinaus und entließ ein oder mehrere Blutgefäße in die Gelenkhöhle. Ab einem Alter von acht Wochen gab es bereits einen knorpellosen Bezirk, der von Bindegewebe - nach Art einer Synovialgrube - ausgefüllt war. Im Gegensatz zur Synovialgrube stiegen aber, von der Spongiosa ausgehend und nach Art Sharpey'scher Fasern, Kollagenfasern steil zur Oberfläche auf. Auch an der andeutungsweise vorhandenen "Schulter" traten häufig Kollagenfasern im rechten Winkel zur Oberfläche aus. Eine obere Begrenzung durch Deckzellen fehlte hier. Bei einzelnen Präparaten gelangten Blutgefäße mit gekörseartigem Bindegewebe über das Gelenkflächenniveau hinaus, bei anderen war diese Entwicklung nur angedeutet.

Schlachtschweine:

Bei dieser Altersgruppe waren an sieben Gelenkflächen einmal eine typische Grube, einmal der Beginn einer Grubenbildung und fünfmal spaltförmige Einziehungen vorhanden. Die Tiefe der Spalten variierte stark von geringen Einziehungen bis zu einem Extrem, in dem die Spalte in der Tiefe Anschluß an einen Bandansatz bekam. In den Spalten waren keine Synovialgruben vorhanden (s. Abb. 12, S. 53).

Sauen:

Bei den Sauen waren in sieben von acht Fällen typische Gruben ausgebildet, in einem Fall waren histologisch nur die Anfänge einer Grubenbildung mit nicht abgebautem Knorpelgewebe zu erkennen. Die Gruben entsprachen in ihrem prinzipiellen Aufbau denen der bereits besprochenen Lokalisationen. Auffallend war jedoch, daß nie Osteoklasten in der Horizontallamelle gefunden wurden. Bei einem der Tiere waren unter der Grube, wie bei dem einen Schlachtschwein, größere Mengen straffen kollagenen Gewebes (Bandmassen) zu finden.

3.2.2.4 Distale Gelenkfläche der Tibia

Ferkel und Läufer:

Diese Synovialgrube entwickelt sich sehr spät und aus drei nacheinander auftretenden Anlagen. Die erste Anlage machte sich im medialen Drittel der Gelenkfläche im Alter von zwei Monaten als Knorpelzapfen und mit vier Monaten als Oberflächeneinziehung bemerkbar. Die zweite Anlage folgte im Zentrum der Gelenkfläche im Alter von 4 1/2 Monaten als Einziehung nach. Erst bei den Schlachtschweinen ist auch in dem lateralen Gelenkdrittel die Bildung einer Synovialgrube zu beobachten.

Als Besonderheit ist noch zu erwähnen, daß sich bei einem

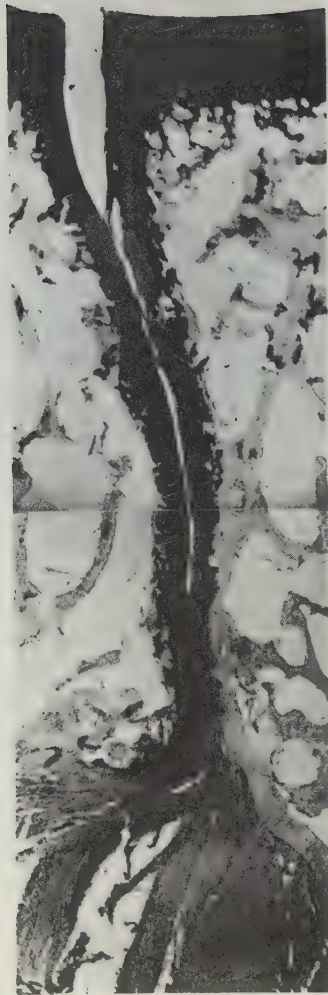


Abb. 12: Distale Gelenkfläche des Os carpi intermedium.
Schlachtschwein.
Die Spalte bekommt in der Tiefe Anschluß
an einen Bandansatz.

Läufer im Alter von 4 1/2 Monaten im medialen Drittel der Gelenkfläche eine Knorpelfalte gebildet hat, aus deren tieferen Schichten Knorpel "pilzartig" in das Lumen der Falte hinein vorgetrieben wird (s. Abb. 13, S. 55).

Schlachtschweine:

Die drei oben aufgeführten Anlagen sind bei den Schlachtschweinen bereits weit fortgeschritten, d.h. der Knorpel ist zumindest teilweise abgebaut; medial weiter als zentral. Hier sind die Blutgefäße bereits in das Bindegewebe eingepreßt. Lateral ist der Knorpel noch erhalten, im Bindegewebe fehlen die Blutgefäße.

Sauen:

Erst bei Tieren im Alter von ungefähr 1 1/2 Jahren verschmelzen die drei Gruben zu einer einheitlichen Synovialgrube.

Diese Synovialgrube ist im Vergleich zu denjenigen anderer Lokalisationen auffallend flach, besonders zentral. Hier ist ihr Bindegewebe auch extrem straff. Ihr Aufbau entspricht aber dem der anderen Gruben. Auch für diese Grube gilt, daß sich in der Spongiosa unter ihr keine Knorpelreste, in der übrigen Spongiosa solche jedoch häufig fanden.

3.2.2.5 Gelenkflächen der Phalangen

An den Phalangen wurden nur jene Knorpelvertiefungen untersucht, die sich als Gruben darstellen (nicht die Ausschnitte). Exemplarisch untersucht wurden vier Synovialgruben an den Gelenkflächen von Fessel- und Kronbein der Hintergliedmaßen. Diese Gruben unterschieden sich im Prinzip nicht von den bereits besprochenen Synovialgruben, nur traten diese Gruben relativ spät auf, und zwar zum Teil erst nach dem sechsten Monat. Bei einer makroskopisch gerade sichtbaren Anlage an der proximalen Gelenkfläche des Fes-

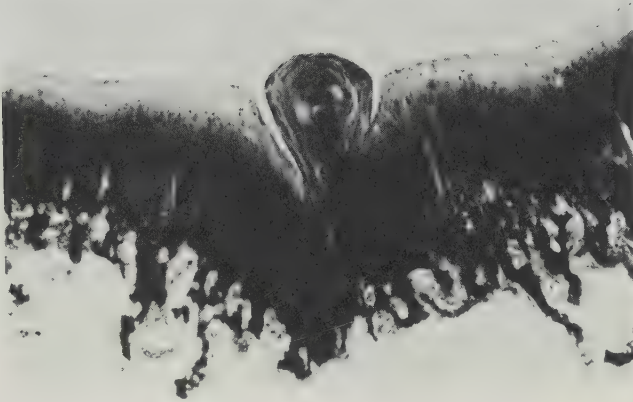


Abb. 13: Distale Gelenkfläche der Tibia. Läufer.
Aus den tieferen Schichten der Knorpelfalte
ragt Knorpel pilzartig in das Lumen der Falte
hinein.

selbeins eines sechs Monate alten Schlachtschweines war lediglich das Bestehenbleiben des Knorpels in dem betroffenen Bereich zu erkennen. Dieser zeichnete sich durch schmale und wenig aufgeblähte Knorpelsäulen aus. Der Knorpel in der Umgebung war unauffällig. Bei dem etwa zwei Jahre alten Schwein war die Synovialgrube an der distalen Gelenkfläche des Kronbeins voll ausgebildet. Sie entsprach teils dem lockeren, teils dem straffen Typ. Bei einer lockeren Grube fiel besonders auf, daß sich das dort besonders gefäßreiche Bindegewebe und die Deckzellen der Synovialgrube über die Knorpelschulter hinweg auf die Gelenkfläche noch ein Stück weit erstreckten. Auch bei diesen Gruben wird der Gelenkknorpel in Richtung auf die Grube zu etwas zellärmer, und seine Anfärbbarkeit mit Alcian Blau und Toluidinblau vermindert sich.

3.2.2.6 Gelenkfläche der Skapula

Es wurden nur Schlachtschweine und Sauen untersucht, da die Gelenkflächen der Ferkel ohne besonderen Befund waren.

Schlachtschweine:

Das histologische Erscheinungsbild dieser Gelenkfläche ist bei allen untersuchten Tieren dieser Altersgruppe recht einheitlich und von den bisherigen Ergebnissen abweichend. Der Knorpel blieb an mehreren Stellen der gelenkseitigen Wachstumszone bestehen und ragte dort zapfenförmig in die Tiefe. Dieses Bild erinnert an einen Knorpel, wie er bei Ferkeln und Läufern angetroffen wird, nur daß bei diesen bereits Blutgefäße in die Knorpelzapfen einsproßten, während hier ein Hochwachsen der Gefäße aus der Spongiosa über die Eröffnungszone hinaus völlig unterblieb. Die Knorpelzellen in der Tiefe der Zapfen waren nur ausnahmsweise in Form schmaler Säulen angeordnet. Sie waren entweder zu Zellnestern zusammenge-

ballt oder lagen einzeln oder höchstens in Zweierformation vor:

Mit Ausnahme eines Tieres, bei dem die Gelenkfläche ganz ohne Reaktion blieb, erfolgte bei den anderen eine ausgesprochen spaltförmige Einziehung in die Gelenkfläche, jedoch ohne daß sich die flachen Oberflächenzellen in polygonale Deckzellen umwandelten. Eine zweite, spaltförmige Einziehung erfolgte meist rasch. Zwischen den beiden "Spalten" wurde das Knorpelgewebe komprimiert und faserte stark auf. Die Befunde am Knorpel selbst variierten erheblich: bei einigen wenigen Tieren war der Knorpel noch regelrecht ausgebildet. Er hatte nur einige zellfreie Bezirke. Bei den meisten Schlachtschweinen war der Knorpel jedoch insgesamt sehr unruhig. Große zellfreie Bezirke, die sich bei Färbung mit Hämalaun-Eosin extrem stark anfärbten, wechselten ab mit Zellnestern und Clustern. Dazwischen lagen vereinzelt schmale Knorpelsäulen. Im ausgeprägtesten Fall bestand überhaupt kein einheitlicher Zellverband mehr.

Für alle untersuchten Tiere gilt, daß ihre primären Spongiosabälkchen vermutlich nicht in der Lage gewesen wären, größeren Belastungen standzuhalten. Regelmäßig waren größere Knorpelinseln in den Bälkchen (Rosetten) vorhanden, und in einigen Fällen war es bereits zu Mikrofrakturen gekommen, den typischen Anzeichen einer Osteochondrosis dissecans.

Sauen:

Bei allen Tieren dieser Altersgruppe war eine regelrechte Knorpelstruktur nicht mehr vorhanden. Stellenweise war der Knorpel in Auflösung begriffen, die sich durch verminderte Anfärbbarkeit und Auffaserung bemerkbar machte. Knorpelsäulen fehlten meist ganz. Etliche Knorpelzellen waren am Verdämmern. Genau wie bei den Schlachtschweinen unterblieb das Hochwachsen der Gefäße aus der Spongiosa vollständig. Mit einer Ausnahme, bei der es zu einem Einriß an der Knorpel-Knochen-Grenze (Osteochondrosis dissecans) gekommen war,

war in der Spongiosa entweder Granulationsgewebe anzutreffen, das darauf schließen läßt, daß ein Einbruch im Gewebe stattgefunden hat, oder es lag ein ausgedehnter Blutungsherd vor, der später ebenfalls organisiert wurde. Im Zentrum eines solchen Narbengewebes in der Spongiosa kam es infolge des Reparationsversuches wieder zu Knorpelbildung. Von der Gelenkfläche aus reichten Spalten unterschiedlich weit in die Tiefe, und das Gewebe in der unmittelbaren Nachbarschaft der Spalten zeigte deutliche Auffaserung. In einem Fall war die Spaltenbildung so extrem, daß das Knorpelgefüge in diesem Bereich völlig zerrissen war (s. Abb. 14).

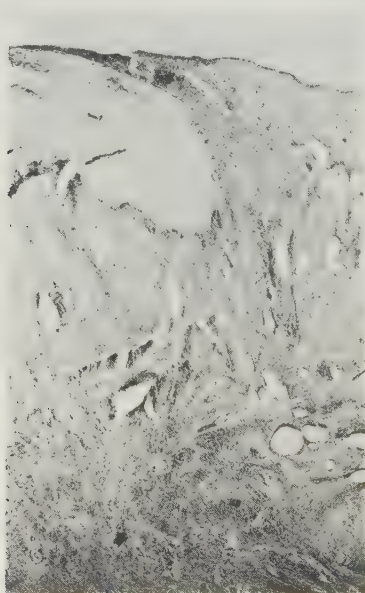


Abb. 14: Skapula. Altsau.

Rand eines abgeheilten Knorpeldefektes.

Im Vergleich zu den Synovialgruben fehlt die abschließende Knochenlamelle.

Großer Zellreichtum.

3.2.2.7 Gelenkfläche des Humerus

Die Untersuchung ergab Übereinstimmung mit den an der Skapula erhobenen Befunden.

4. DISKUSSION

Die Untersuchungen haben ergeben, daß beim Schwein Synovialgruben regelmäßig an der proximalen und distalen Gelenkfläche des Radius an der distalen Gelenkfläche des Os carpi intermedium und an der distalen Gelenkfläche der Tibia vorkommen. Diese Gruben fehlten nur ganz vereinzelt (an der distalen Gelenkfläche des Radius zweimal, an der distalen Gelenkfläche des Os carpi intermedium einmal). An der proximalen Fläche des Os tarsale quartum befindet sich nahezu immer - nach plantar hin - eine Synovialgrube, die aber bereits im Alter von zehn Wochen an den regelmäßig zwischen Os tarsi centrale und Os tarsale quartum vorhandenen Synovialausschnitt Anschluß bekommt.

Die genannten Synovialgruben treten regelmäßig erst einige Wochen nach der Geburt auf. Das widerspricht den Angaben von ZIMMERMANN (1918), nach denen Synovialgruben bei Ungulaten teilweise bereits bei Neugeborenen vorhanden sein sollen.

An den Zehengelenken findet man die Synovialgruben nur unregelmäßig; d.h. an ihrer Stelle sind gelegentlich Synovialausschnitte vorhanden, oder der Gelenkknorpel zeigt keine Veränderungen. Sporadisch können Synovialgruben auch an der distalen Gelenkfläche des Os carpi radiale vorkommen. Derartige Synovialgruben sind nach SCHULZ (1915) als inkonstant (oder fakultativ) zu bezeichnen und ihnen sind die konstanten (oder obligatorischen) gegenüberzustellen. Die gleiche Einteilung ist auch auf die Synovialausschnitte übertragbar. Konstant vorkommende Synovialausschnitte sind beim Schwein an folgenden Stellen vorhanden:

1. an der Gelenkfläche der Incisura trochlearis der Ulna. Diese wurden von mehreren Autoren auch bei anderen Tierarten beschrieben (z.B. LOEFFLER und BRANSCHIED, 1976, an Hunden).
2. an den nebeneinanderliegenden proximalen Gelenkflächen von Os carpale III und IV.
3. an den sich gegenüberliegenden distalen Gelenkflächen von Talus und Calcaneus.
4. auf der proximalen Gelenkfläche des Os tarsi centrale und des Os tarsale quartum.

Die beiden letztgenannten Ausschnitte kommen auch bei Schafen regelmäßig vor (LOEFFLER und BROSI, 1977; mündliche Mitteilung).

Inkonstante Ausschnitte sind zum Beispiel an den distalen Gelenkflächen der Ossa metatarsalia und den Phalangen. Interessant ist, daß im Karpo-Metakarpalgelenk, in dem beim Schwein viele einzelne Knochen vorhanden sind, Synovialausschnitte ausgebildet sind, während bei Schaf, Rind und Pferd, die hier ein straffes Gelenk mit relativ großer Fläche besitzen, Synovialgruben gefunden werden (FLUHR, LOEFFLER, WALLA, 1977; mündliche Mitteilungen). So kann aufgrund andersartiger anatomischer Beschaffenheit in einem Gebiet anstelle einer Synovialgrube ein Synovialausschnitt vorhanden sein.

Wie die Untersuchung zeigte, gibt es offenbar auch verschiedene Typen von Synovialgruben. So gibt es zum Beispiel solche, die relativ groß und flächig werden. Hierzu gehören die Synovialgruben an der proximalen Gelenkfläche des Radius und an der distalen Gelenkfläche der Tibia. Die Synovialgruben an der proximalen Gelenkfläche des Radius werden außerdem in höherem Alter recht tief.

Die Synovialgruben an der distalen Gelenkfläche der Tibia werden nicht so tief und zeigen bei ihrer Entstehung insofern eine Besonderheit, als es drei "Bildungszentren" gibt. Erste Ansätze für eine Grubenbildung findet man auf der medialen Seite der Gelenkfläche, etwas später greift die Grubenbildung auf die Mitte über und deutlich später auf die laterale Seite der Gelenkfläche. Bis zu einem Alter von 13 Monaten sind noch drei isoliert voneinander liegende Gruben vorhanden, deren mittlere, auf dem "Kamm" liegende Synovialgrube durchweg "straff" gebaut ist. Ab einem Alter von eineinhalb Jahren liegt eine einheitlich Synovialgrube vor, und nur in dem kleinen Zeitabschnitt zwischen eineinhalb und zweieinhalb Jahren werden einzelne Osteoklasten in der Spongiosa direkt unter der Grube gefunden. Das bedeutet, daß der "Vertiefungsprozeß" nicht sehr ausgeprägt ist, was makroskopisch auch bestätigt werden kann.

Ein anderer Typ wird verkörpert durch die Synovialgruben an der distalen Gelenkfläche des Radius. Diese sind häufig nur keilförmig, und die Fläche dieser keilförmigen Einziehungen ist nur klein. Auch bei den Sauen sind histologisch oft nur Knorpel"zapfen" vorhanden, bei denen eine Verwechslung mit einem pathologischen Prozeß durchaus möglich sein könnte. Das Ergebnis der mikroskopischen Untersuchung ergab jedoch, daß kein "Einbruch" vorliegt.

Liegen jedoch typische Gruben vor, so sind sie bei den Schlachtschweinen ausgereifter als an der proximalen Gelenkfläche des Radius, d.h. ihr Grund ist knorpelfrei. Ob es zur typischen Grubenbildung oder zu keilförmigen Einziehungen kommt, ist individuell verschieden.

Bei den Gruben an der distalen Gelenkfläche des Os carpi intermedium liegt ein völlig abweichender Bildungsmodus vor, letztlich stellen sie sich dann aber doch als Synovialgruben dar. An dieser Lokalisation geht die Grubenbildung offenbar von der Umgebung eines bereits bei der Geburt vorhandenen Gefäßkanals aus. Dadurch zeigen diese Gruben in den Anfangsstadien auch einen völlig anderen Verlauf des Bindegewebes.

Sieht man von der Tatsache ab, daß der Gefäßkanal im Os carpi intermedium bereits bei der Geburt vorhanden ist, so stimmen die Ergebnisse mit der in der Literatur immer wieder betonten Tatsache überein, daß sich Synovialgruben erst nach der Geburt ausbilden, wobei allerdings Unterschiede bestehen im Zeitpunkt ihres Auftretens. Besonders früh ausgebildet sind die Synovialgruben am Os carpi intermedium und am Radius. Erst später folgen die Synovialgruben an der distalen Gelenkfläche der Tibia sowie an den Phalangen, soweit letztere überhaupt als Gruben in Erscheinung treten. LUCHMANN (1938) hat versucht, anhand histologischer Untersuchungen der Synovialausschnitte und -gruben ein sicheres Unterscheidungsmerkmal der Mittelfuß- und Zehenknochen von Schaf und Ziege für forensische Zwecke herauszuarbeiten. Er hat jedoch festgestellt, daß bei Tieren bis zu einem Alter von einem Jahr eine Unterscheidung nicht möglich ist und im höheren Alter am Metacarpus sehr unsicher bleibt. Am Metatarsus kann zu einem relativ hohen, an den Phalangen wieder nur zu einem geringen Prozentsatz eine Aussage getroffen werden.

Bezüglich der Entwicklung der Synovialgruben lassen sich nur aus den Untersuchungen von BÜRKI (1905) und von SCHULZ (1915) einige Hinweise entnehmen. Diese beschreiben zwar das Hochwachsen der Gefäße über die Wachstumszone hinaus, jedoch wurde auch von ihnen der Entwicklungsablauf nicht kontinuierlich verfolgt. (Die Ergebnisse von SCHULZ beruhen auf denen von BÜRKI, da SCHULZ nur vier Tiere im Alter von zehn Tagen, fünf Wochen und einem Jahr untersuchte.)

Abweichend von meinen Untersuchungen berichten beide Autoren von "Degenerations- und Regenerationserscheinungen am anstoßenden Knorpel- und Knochengewebe", die von einer lokalisierten Knochenresorption eingeleitet werden. BÜRKI (1905) liefert ferner eine genaue Beschreibung des Grubengrundes ausgereifter Synovialgruben: "Auch wenn Spongiosamaschen deutlich hervortreten, ist der Grund austapeziert von einem Belag, der bald aus einer homogenen, durchsichtig bis weißlichen Schleimschicht, bald aus einer weißlichen zähen Membran besteht; letztere besitzt bindegewebigen Charakter und enthält zuweilen Fetteinlagerungen."

BÜRKI beschreibt auch, daß "fertig ausgebildete Synovialgruben einen scharfen Rand besitzen, während in der Entwicklung begriffene einen allmählichen Übergang von intaktem Knorpel zur Grube zeigen." Nach MODES (1939) ist der Grubengrund "teils mit einer zarten bindegewebigen Membran (Perichondrium? Endarthrion?) überzogen, teils mit degenerierten Knorpelsubstanzresten ausgefüllt." Meine Ergebnisse stimmen vor allem im letzten Punkt damit nicht überein. Es ist daher erstaunlich, daß sich bereits bei MODES ein Hinweis auf die Umwandlung der obersten Knorpelzellen im Grubengebiet in Synovialisdeckzellen finden läßt.-

In der Frage nach den auslösenden Ursachen für das Auftreten von Synovialgruben besteht weiterhin Unsicherheit.

BÜRKI (1905) hat das Auftreten der Synovialgruben als Folgeerscheinung der starken mechanischen Beanspruchung der Gelenke bei den Huftieren aufgefaßt. Dem stimmte SCHULZ (1915) nicht zu. Er, LUY (1935) und MODES (1939) nahmen an, daß der Begriff "Synovialgrube" für eine große Zahl ätiologisch nicht abklärbarer Knorpel- und Knochendefekte verwendet wurde und MODES (1939) glaubt eher, daß mangelnde oder völlig fehlende Belastung im Gelenk zum Auftreten von Synovialgruben führt.

Nach DOIGE und HOROWITZ (1975) ist es möglich, daß sich die Synovialgruben während des normalen Prozesses der Knochen- und Knorpelbildung entwickeln, und zwar veranlaßt

durch ein Fehlen oder eine Verminderung wichtiger "Stimuli" in diesen Bezirken.

Auch Körpergewicht und Haltungsform der Tiere werden als auslösende Faktoren für eine Synovialgrubenbildung angesehen (BOSEMANN und VIEHWEGER, 1974).

Inwieweit Körpergewicht und Haltungsform das Auftreten von Synovialgruben beeinflussen, muß dahingestellt bleiben, da das vorliegende Material nicht standardisiert war. Die von mir untersuchten Schweine im Alter zwischen ein und fünf Jahren stammten aus sehr unterschiedlichen Haltungsbedingungen; so standen einige über lange Zeit angebunden (IBO-Bügel), andere kamen aus Käfighaltungen und ein kleiner Teil hatte die Möglichkeit des freien Auslaufs. Im histologischen Bild konnte ich an den Synovialgruben jedoch keine Unterschiede feststellen. Eine Altersabhängigkeit war jedoch gegeben.

Die Einstufung der Synovialgruben als normalanatomische Bildung hat frühzeitig die Frage nach ihrer Funktion aufgeworfen. SCHULZ (1915) sah in den Synovialgruben ein Sammelbecken für die Gelenkschmiere. Diese Ansicht wird bis heute in den Lehrbüchern und auch von PANCANI (1973) vertreten. PALMGREN (1938) sah in der Schaffung, beziehungsweise Erweiterung von Kommunikationskanälen zwischen verschiedenen Gelenkhöhlenabteilungen eine ihrer Aufgaben. Synovialgruben sollen außerdem Kontrollfunktion haben für das biophysikalische und biochemische Gleichgewicht der Synovialmembran (BAUER in TRUCCHI, 1973). Aufgrund experimenteller Untersuchungen nahm TRUCCHI (1973) an, daß durch die Synovialgruben die zur Verfügung stehende Synovialisfläche und damit ihre Abwehrfunktion vergrößert wird. Eine weitere mögliche Funktion liegt in der Ernährung des Gelenkknorpels (LOEFFLER, 1974 und DÄMMRICH, 1976). Zur Klärung dieser Frage konnten meine Untersuchungen nicht beitragen. Zu bemerken ist jedoch, daß die Synovialgruben stets an konkaven Gelenkbezirken beziehungsweise -flächen vorkamen.

Außerdem war auffallend, daß drei konstante Synovialgruben an der distalen Gelenkfläche eines Knochens, also im proximalen Gelenkabschnitt vorkamen, so daß für diese Gruben die Funktion als "Sammelbecken" ausscheidet.-

Eine der Aufgaben der vorliegenden Arbeit sollte es sein, die Synovialgrubenbildung von pathologischen Prozessen zu differenzieren. BÜSEMANN und VIEHWEGER (1974) sprechen ausdrücklich vom "Ingangkommen des pathologischen Prozesses der Synovialgrubenbildung." Dieser Auffassung möchte ich aufgrund meiner Untersuchungsergebnisse entgegenstellen, daß pathologische Prozesse und die Synovialgrubenbildung entscheidende, voneinander abweichende Kriterien aufweisen (siehe Tabelle 4).

Neben anderen Autoren, wie z.B. LUCHMANN (1938), MODES (1939), TRUCCHI et al. (1973) und DOIGE und HOROWITZ (1975), rechnen COHRS und MESSOW (1969) die Synovialgruben ebenfalls nicht zu den pathologischen Substanzverlusten. Ihre Begründung liegt darin, daß Synovialgruben keinerlei klinische Symptome hervorrufen. Bekräftigt wird meines Erachtens diese Ansicht durch die Entstehungsweise der Synovialgruben und das histologische Bild der vollausgebildeten Gruben, die keine Anzeichen einer Entzündung oder eines degenerativen Prozesses aufweisen. Das schließt jedoch nicht aus, daß auch bei der Synovialgrubenbildung zeitweilig und lokal begrenzt histologische Erscheinungsbilder auftreten, wie man sie auch bei pathologischen Prozessen findet, wie zum Beispiel Asbestauffaserung, Zellarmut und geringgradig Clusterbildung. Vereinzelt fanden sich auch Hinweise darauf, daß die Synovialgrubenbildung durch degenerative oder auch entzündliche Vorgänge überlagert wird, indem im Bereich des Bindegewebes der Grube Knorpel einlagerungen und polypöse Wucherungen oder auch in einem Fall zellige Infiltrationen zu erkennen waren. Das ist im Zusammenhang damit zu sehen, daß an den Gelenken der Schweine heutzutage degenerative und auch entzündliche Prozesse nicht selten sind. Die wesentlichsten Charakteristika von Synovialgrube und patholo-

gischem Prozeß sind in der Tabelle 4 festgehalten und einander gegenübergestellt.

Tab. 4: Gegenüberstellung Synovialgrubenbildung - pathologischer Prozeß

Synovialgrubenbildung:	Pathologischer Prozeß:
Ein oder mehrere "Knorpelzapfen" bleiben infolge retardierten Knochenwachstums bestehen. Die Zellen in diesen Zapfen zeigen sich im Gegensatz zu den hypertrophierten Säulen der Umgebung als schmale, sonst aber unveränderte Knorpelzellsäulen.	Ebenfalls retardiertes Knochenwachstum und "Knorpelzapfen", die stehenbleiben. Die Knorpelzellen sind jedoch entweder als Kurzsäulen oder in locker-unregelmäßiger Form angeordnet.
Ungefähr gleichzeitig mit dem Stillstand des Knochenwachstums kommt es in diesem Bereich zur Einsenkung der Oberfläche.	Eine Reaktion der Oberfläche erfolgt zeitlich viel später oder unterbleibt völlig.
Der oder die "Knorpelzapfen" werden durch von unten herantretende Gefäße abgebaut.	Im Bereich der "Knorpelzapfen" ist die Spongiosa durch Apposition von Knochengewebe verstärkt. In den Spongiosaräumen besteht eine leichte Markfibrose mit perivaskulärer Osteoblastenproliferation sowie eine funktionelle Hyperämie.
Gefäße aus der Spongiosa wachsen über die Wachstumszone in den Knorpel hinein.	Kein Einsprossen der Gefäße.
In Richtung auf die Synovialgrube zeigt der Gelenkknorpel bei Färbung mit Alcian Blau und Toluidinblau eine geringe Anfärbbarkeit.	In Richtung auf die "Vertiefung" zu keine deutlich geringere Anfärbbarkeit des Knorpels mit den histochemischen Färbungen (bes. Skapula).
Ausbildung einer scharf begrenzten Knorpelschulter.	Lediglich Andeutung einer "Schulter", und diese vollständig ausgefranst oder steiler Einriß in den Knorpel.
In der Grube befinden sich keine Entzündungszellen.	In der Vertiefung sind stets auch einzelne Entzündungszellen.
Synovialgruben sind ab ungefähr sieben Monaten so weit entwickelt, daß sie Fettgewebszellen aufzeigen.	Vertiefungen weisen nie Fettgewebe auf. Auch bei den Altsauen fehlt sowohl die Oberflächenschicht als auch die Fettgewebszone.

Synovialgrubenbildung:

In Lokalisationen mit Faltenbildung (distale Gelenkfläche des Radius, distale Gelenkfläche des Os carpi intermedium) kann die Synovialgrubenbildung ausbleiben, oder sie läuft in typischer Weise ab. Bei den Altsauen fehlt der Knorpel in der Tiefe der Grube vollständig.

Unter der Grube befindet sich beim jungen Tier als Abschluß eine Horizontallamelle, beim alten Tier eine Knochenendplatte.

Kein "Einbruch" im Knochengewebe unter der Grube.

Unter der Grube - im Unterschied zur Umgebung -: immer gut mineralisiertes Gewebe, frei von Knorpelresten.

Pathologischer Prozeß:

In Knorpelfalten an Lokalisationen, in denen sich nie Synovialgruben ausbilden (z.B. Skapula) unterbleibt der vollständige Knorpelabbau stets. Der Knorpel am Rande der Falten neigt stark zu Degenerationserscheinungen.

Beim jungen Tier: keine klare Abgrenzung gegen das darunter liegende Gewebe; beim alten Tier: kein kompakter Knochen, sondern Spongiosabälkchen.

Oftmals "Einbruch" und Blutung im darunterliegenden Knochengewebe.

Unter der Vertiefung - gleichermaßen wie in der Umgebung: als Zeichen verzögerter Mineralisation sogenannte "Knorpelrosetten".

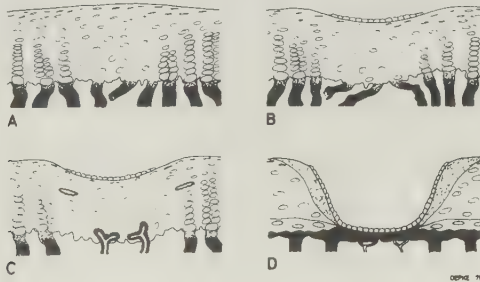


Abb. 15: Entwicklung der Synovialgruben
(nach LOEFFLER, unveröffentlicht)

- A: Stillstand des Knochenwachstums.
- B: Einsenkung der Oberfläche. Die Oberflächenzellen in diesem Bereich werden voluminöser.
- C: Gefäße aus der Spongiosa wachsen in den Knorpel hinein.
- D: Fertig ausgebildete Synovialgrube.

Die histologischen Befunde an den Gelenkflächen der Skapula - und entsprechend die Befunde an den distalen Gelenkflächen des Humerus - stimmen nicht überein mit den Befunden, die an den anderen Lokalisationen mit Synovialgruben gefunden wurden.

Im Unterschied zu den echten Synovialgruben fehlt hier das Hochwachsen der Gefäße aus der Spongiosa über die Wachstumszone hinaus völlig. An den Gelenkflächen von Skapula und Humerus zeigen sich am Knorpel bzw. Knochen stets Einbrüche, Blutungen, Entzündungszellen und Cluster.

Da die histologischen Untersuchungen der anderen Lokalisationen insgesamt normalanatomische Ergebnisse zeigten, halte ich demzufolge Synovialgruben für normalanatomische Bildungen. DOIGE und HOROWITZ, die 1975 ebenfalls die Gliedmaßen-gelenke von Schweinen auf Synovialgruben hin untersuchten, stimmen mit mir überein, daß sich Synovialgruben in dem normalen Knochenbildungsprozeß entwickeln und nicht zu pathologischen Substanzverlusten zu rechnen sind. Dennoch bezeichnen sie die Befunde an Skapula und Humerus als Synovialgruben. Bei rein makroskopischer Betrachtung der Gelenkflächen ist ein Unterschied zu echten Synovialgruben nahezu unmöglich. Bei anschließender histologischer Untersuchung jedoch zeigen sich die genannten Unterschiede, die erkennen lassen, daß die Befunde an Skapula und Humerus nicht mit den Befunden der anderen untersuchten Lokalisationen identisch sind, d.h. daß meines Erachtens an diesen beiden Lokalisationen beim Schwein keine Synovialgruben vorliegen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Von 65 Schweinen der Deutschen Landrasse - es handelt sich dabei um Tiere aller Altersklassen - wurden die Gliedmaßen-gelenke auf Synovialgruben untersucht.

Von 42 dieser Schweine wurden zusätzlich jeweils fünf Lokalisationen für die histologische Untersuchung entnommen, und zwar: die proximalen und distalen Gelenkflächen des Radius, die distalen Gelenkflächen von Os carpi intermedium und Tibia und von Schlachtschweinen und Sauen auch die Gelenkflächen von Skapula und Humerus. Exemplarisch wurden die Phalangen untersucht.

Ergebnisse:

1. Übereinstimmung herrscht mit den im Literaturteil aufgeführten Autoren, daß Synovialgruben an gewissen Gelenkflächen konstant (obligatorisch) und an anderen inkonstant (fakultativ) vorkommen können.
2. Desgleichen gilt, daß die regelmäßig vorhandenen Synovialgruben erst post partum auftreten.
3. Die histologischen Befunde der Synovialgruben an den proximalen und distalen Gelenkflächen des Radius, an den distalen Gelenkflächen von Os carpi intermedium und Tibia und an den - in Einzelfällen untersuchten - Phalangen stimmten im wesentlichen überein.
4. Das histologische Bild von Skapula und Humerus entsprach nicht den Befunden an den anderen untersuchten Lokalisationen.
5. Allgemein gültige Kriterien für die Synovialgrubenbildung wurden herausgearbeitet und denen von Skapula und Humerus gegenübergestellt.
6. Zur Funktion der Synovialgruben ist zu sagen, daß die Theorie vom "Sammelbocken" meines Erachtens nach nicht haltbar ist, da drei konstant auftretende Synovialgruben

an der distalen Gelenkfläche eines Knochens, also im proximalen Gelenkabschnitt vorkamen.

7. Aufgrund dieser histologischen Untersuchungen halte ich Synovialgruben für normalanatomische Befunde.
8. Die von DOIGE und HOROWITZ (1975) an der Gelenkfläche der Skapula und an der distalen Gelenkfläche des Humerus erhobenen Befunde, die von ihnen zu den Synovialgruben gerechnet werden, konnten von mir nicht bestätigt werden. Derartige Befunde gehören meines Erachtens in den Formenkreis der Arthrose, d.h. in den pathologischen Bereich.

5. SUMMARY

The limb joints of 65 pigs of the "Deutsche Landrasse" - animals of all ages - were examined for synovial grooves.

From 42 pigs additionally five localisations were taken for histological examinations: the proximal and distal joint areas of the radius, the distal joint areas of os carpi intermedium and the tibia, and also were taken from pigs of slaughter age and older sows the joints of the scapula and the humerus. The phalanges were examined exemplary.

Results:

1. There is a conformance with other authors, that in certain joint areas synovial grooves may appear constantly (obligate) and in the others inconstantly (facultative).
2. There is also an agreement that synovial grooves, which are constantly present, do not appear before the first weeks after birth.
3. The histological findings of the synovial grooves of the proximal and distal joint areas of the radius, the distal areas of the os carpi intermedium and the tibia and of the phalanges - examined only in some cases - corresponded in the main points.
4. The histological findings of the scapula and the humerus did not correspond to the findings of the other examined.
5. Generally valid criterions for development of synovial grooves were given and compared to those of the scapula and the humerus.
6. Regarding the function of synovial grooves the theory of collecting pools are no longer maintainable in my opinion, because three of the constantly appearing synovial grooves were found in the distal joint areas of the bones, which is the proximal part of the joint.

7. Basing on these histological examinations synovial grooves are normal anatomical findings.
8. The histological findings of DOIGE and MOROWITZ (1975) of the groove-like areas of the scapula and the distal joint areas of the humerus don't correspond to these of synovial grooves. These findings belong to that of arthrosis.

6. LITERATURVERZEICHNIS

ARNOLD, M. (1968)

Histochemie
Berlin, Heidelberg, New York.

BARGMANN, W. (1964)

Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen.
5. Aufl., Stuttgart.

BARLAND, P., A.B. NOVIKOFF und D. HAMERMAN (1962)

Electron microscopy of the human synovial membrane
J. Cell. Biol. 14, 207-220.

BARNETT, C.H., D.V. DAVIES und M.A. McCONNAILL (1961)

Synovial joints. Their structure and mechanics
Springfield, Illinois, USA.

BEHRENS, H. (1961)

Fragen des Schweinegesundheitsdienstes unter besonderer Berücksichtigung der Fleischschweinezüchtung
Schweinezucht u. Schweinemast 9, 137-139.

BENNINGHOFF, A. (1925)

Form und Bau der Gelenkknorpel in ihren Beziehungen zur Funktion. Zweiter Teil: Der Aufbau des Gelenkknorpels in seinen Beziehungen zur Funktion
Zschr. Zellforsch. mikrosk. Anat. 2, 783-862.

BIERTHER, M.F.W., K.W. WEGNER und H. FACKELDEY (1972)

The fine structure of normal synovium in the dog as compared with the synovium after transplantation of a total knee joint
Z. Rheumaforsch. 31, 262-272.

BÜSEMANN, W. und E. VIEHWEGER (1974)

Vergleichende Untersuchungen an den distalen Gliedmaßenabschnitten von Merinofleischschafen verschiedenen Alters unter konventionellen Aufstallungsbedingungen sowie nach zwölfmonatiger Haltung erwachsener Tiere auf Vollspaltenboden
Kollektiv-Diss., Leipzig.

BOLLWAHN, W. (1976)

Das Beinschwächesyndrom beim Schwein aus klinisch-tierärztlicher Sicht
Tierzüchter 28, 355-356.

BRENTANO, G. (1977)

Mündliche Mitteilung.

BURKI, E. (1905)

Die Synovialgruben des Rindes
Arch. Tierheilkd. 31.

COHRS, P. und G. MESSOW (1969)

Gelenke
in: Joest, E. Handbuch der speziellen pathologischen
Anatomie der Haustiere

DÄMMRICH, K. (1970)

Die Polyarthrose der Mastschweine als konstitutionell
bedingte Aufzuchtkrankheit
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 83, 450-456.

DÄMMRICH, K. (1976a)

Adaptationskrankheiten des Bewegungsapparates bei 12,
15 und 18 Monate alten Mastbullen
Pathologische Histologie und formale Postogenese
der Arthropathia deformans
Zbl. Vet. Med. A. 23, 617-634.

DÄMMRICH, K. (1976b)

Zur Pathogenese der Arthropathia deformans bei
Haustieren
Kleintier-Praxis 21, 133-172.

DÄMMRICH, K. und J. UNSHELM (1975)

Die Einflüsse extremer Unterschiede in der Nährstoff-
versorgung auf die Entwicklung des Skeletts und das
Vorkommen von Skelettveränderungen bei Schweinen der
Deutschen Landrasse
Zbl. Vet. Med. A. 22, 1-13.

DÄMMRICH, K.; S. SEIBEL; F.W. HUTH und U. ANDREAE (1976)

Adaptationskrankheiten des Bewegungsapparates bei 12,
15 und 18 Monate alten und unterschiedlich gefütter-
ten Mastbullen: 1. Morphologie, Lokalisation und Vor-
kommen der Arthropathia deformans
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 89, 84-88.

DIETZ, O. und A. KUNTZE (1959)

Die Arthritiden des Schweines
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 72, 61-64.

DOIGE, C. und A. HOROWITZ (1975)

A study of articular surfaces and synovial fossae
of the pectoral limb of swine
Can. J. Comp. Med. 39, 7-16.

DUSTMANN, H.O., W. PUHL und B. KREMPFEN (1974)

Das Phänomen der Cluster im Arthroseknorpel
Arch. orthop. Unfall-Chir. 79, 321-333.

ELLENBERGER, W. und H. BAUM (1908)

Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere
12. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York.

ELLENBERGER, W. und H. BAUM (1908)

Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere.
18. Aufl. Bearbeitet von Otto ZIETZSCHMANN, Berlin, 1943.

FLORENTIN, P. (1957)

Le cartilage articulaire des Mammifères,
Soubiron Imp. Toulouse, 31.

FLUHR, R. (1977)

Mündliche Mitteilung
(in Arbeit befindliche Dissertation: Synovialgruben
beim Schaf)
Hannover

FRANCK, L. (1892)

Handbuch der Anatomie der Haustiere mit besonderer
Berücksichtigung des Pferdes
Durchgesehen und ergänzt von P. Martin
3. Aufl. Stuttgart.

GÄNGEL, H. und J. STUMPF (1968)

Lahmheiten beim Zuchtschwein langen Typs.
Mhefte Vet. med. 23, 731-737.

GHAFFARI-KASCHANI, H. (1973)

Histologische Untersuchungen am Gelenknorpel des
Schweines unter Berücksichtigung verschiedener
Gewichtsklassen, Rassen und des Beinschwächesyndroms
Agr. Diss. Hohenheim.

GLAWISCHNIG, E. (1965)

Ein Beitrag zur chronisch deformierenden Arthrose
des Knie- und Sprunggelenkes beim Schwein
Wien tierärztl. Mschr. 25, 17-21.

GROENDALEN, T. (1974)

Osteochondrosis, arthrosis and leg weakness in pigs
Nord. Vet.-Med. 26, 534-537.

GRÜNHAGEN, H. (1969)

Untersuchungen zum Beinschwäche-Syndrom beim
Mastschwein
Diss. Göttingen.

GURLT, E.F. (1873)

Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haussäugetiere
Bearbeitet von A.G.T. Leisering und C. Müller
5. Aufl. Berlin.

HAMERMAN, D. (1970)

Synovial Joints: Aspects of structure and function
Aus: E.A. Balazs (ed.) Chemistry and molecularbiology
of the intercellular matrix Vol. 3
London, New York.

HAMERMAN, D. und P. BARLAND (1966)

Structure and function of the synovial membrane
Bull. Rheum. Dis. 16, 396-399.

HAMERMAN, D., L.C. ROSENBERG und M. SCHUBERT (1972)

Review Article
Diarthrodial Joints Revisited

HIROHATA, K. und J. KOBAYASHI (1964)

Electron microscope studies on normal and pathologic
joint tissues.
1. Normal joint tissues 2
J. Jap. Orthop. Ass. 37, 291-301.

HIROHATA, K.; K. MIZUHARA; S. IMURA; J. KOBAYASHI;
A. FUJIWARA und T. SATO (1963)

Electron microscope studies on joint tissues under
normal and pathologic conditions. 1. Normal joint tissues 1.
J. Jap. Orthop. Ass. 36, 871-883.

HLOUSEK, A. (1972)

A stereoscan electron microscopic study of synovial
fossae in the tarsal joints of cattle
Acta vet. BRNO, 41, 363-366.

HÜCKER, U. (1976)

Konstitutionsmängel bei Zuchtschweinen
Schweinezucht u. Schweinemast 24, 254-255, 286-289.

KNESE, K.-H. (1972)

Proteoglycane und Glykoproteine im Periost
Acta histochem. 44, 77-89.

KÜRNER, E. (1963)

Untersuchungen über das Auftreten einer Arthrosis
deformans des Sprunggelenks bei Schweinen holländisch-
dänischer Blutführung
Vet. med. Diss. Hannover.

LEVER, J.D. und E.H.R. FORD (1958)

Histological, histochemical and electron microscopic
observation on synovial membrane
Anat. Rec. 132, 525-539.

LOEFFLER, K. (1974)

Zur Ausbildung des Gelenkknorpels in der Incisura
trochlearis des Ellbogengelenkes des Hundes
IX. Kongress d. Europ. Vereinig. d. Vet. Anat.
Toulouse 8.-11.9.74.

LOEFFLER, K. (1975)

Zur Struktur der Gelenkknorpeloberfläche
Vortrag Südwestdeutsche Anatomen in Tübingen,
8./9.11.75.

LOEFFLER, K. (1976)

Gelenkbedingte Lahmheiten
Kynologische Arbeitstagung des Landesverbandes
Bd.-Wttbg. 7.3.76.

LOEFFLER, K. und W. BRANSCHIED (1976)

Synovialausschnitte im Ellbogengelenk des Hundes
Kleintierpraxis 21, 86-89.

LOEFFLER, K. und C. BROSI (1977)

Mündliche Mitteilung.

LUCHMANN, H. (1938)

Besonderheiten der Gelenkflächen am Fuße von Ziege
und Schaf (mit perforierenden und anderen Synovial-
gruben)
Morph. Jahrb. 81, 416-448.

LUNA, L.G. (1968)

Manual of histologic staining methods of the armed
forces institute of pathology
New York, Toronto, Sydney.

LUY, P. (1935)

Beitrag zur Kenntnis der Synovia und zur Funktion
der Synovialgruben des Rindes
Tierärztl. Rundsch. 41, 173-177.

MELROSE, D.R. (1967)

Beinschwäche bei Schweinen
Tierzüchter 19, 322.

MICHEL, G. (1972)

Kompodium der Embryologie der Haustiere.
Leipzig.

MICHELETTI, B. und Gabriella TRUCCHI (1971)

Ricerche sul comportamento delle strutture articolari
carpo-metacarpiche di equidi, ovini e bovini con
particolare riferimento alle C.D. "Fassette sinoviali",
in diverse condizioni patologiche sperimentalmente
indotte
Ann. Fac. Med. Vet. Torino 19, 13-46.

MICHELETTI, B. und J. PANCANI (1973)

Histological behaviour of tarsal synovial grooves in
experimental joint pathology in cattle and horses
Ann. Fac. Med. Vet. Torino 20, 3-6.

MODES, E. (1939)

Zum Vorkommen echter Synovialgruben (Fossae nudatae)
bei Mensch, Wiederkäuer und Pferd
Virchow's Arch.path. Anat. 39, 603-610.

OTTE, P. (1966)

Über das Wachstum der Gelenkknorpel
Theor. und klin. Medizin in Einzeldarstellung
Heidelberg.

OTTE, P. (1972)

Die Verpflanzung von Gelenkknorpeln
Die Biologie des Gelenkknorpels im Hinblick auf
die Transplantation.
Z. Orthop. 110, 677-685.

PALMGREN, A. (1928)

Zur Kenntnis der sogenannten Schnappgelenke
I. Die Ursache des Federungsphänomens nebst einigen
Bemerkungen über die Fossae nudatae des Ellbogen-
gelenkes beim Pferd
Ztschr. Anat. 88, 710-745.

PANCANI, I. (1973)

Rilievi morfologici ed istologici sulle fossette
sinoviali articolari del complesso tarsico di bovini
cl clinicamente normali
Fol. vet. lat. 3, 254-269.

ROMEIS, B. (1968)

Mikroskopische Technik
16. Aufl. München, Wien.

ROSIVAL, V. und F. TOMIK (1965)

Dekalzifikation mit Äthylendiamintetraessigsäure
Zbl. allg. Path. 104, 196-198.

ROY, S. und F.N. GHADIALLY (1967)

Ultrastructure of normal rat synovial membrane
Ann. rheum. Dis. 26, 26-38.

SABEC, D. (1960)

Untersuchungen über eine Arthrosis des Sprunggelenkes beim Schwein
Vet. med. Diss. Hannover.

SABEC, D., E. SCHILLING und L.CI. SCHULZ (1961)

Eine Arthrosis deformans des Sprunggelenkes beim Schwein
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 68, 231-236.

SABEC, D. (1974)

Aktuelle Probleme der Osteochondropathien beim Schwein.
Wien. tierärztl. Mschr. 61, 1-5.

SCHILLING, E. (1958)

Veränderungen der Sprunggelenke bei einem lahmen Schwein
Züchtungskde 30, 222-225.

SCHILLING, E. (1963)

Rassenunterschiede am Skelett des Beckens und der Hinterextremitäten beim Schwein
Zschr. Tierzücht. u. Züchtungsbiol. 78, 294-324.

SCHULZ, W. (1915)

Untersuchungen über die sogenannten Synovialgruben, Fossae nudatae, beim Pferd
Arch. wiss. prakt. Tierheilkde 41, 245-271.

SCOTT, J.E. und J. DORLING (1965)

Differential staining of acid glycosaminoglycans (mucopolysaccharides) by Alcian Blue in salt solutions
Histochem. 5, 221-233.

SHIVELY, Jo Ann C. (1975)

The morphology of equine synovial membrane
Thesis Purdue Univ. Westlafayette USA.

SIMUNEK, Z. und Helene MUIR (1972)

Proteoglycans of the knee-joint cartilage of young normal and lame pigs
Biochem. J. 150, 181-187.

SPICER, S.S., R.G. HORN und T.J. LEPPI (1967)

Histochemistry of connective tissue mucopolysaccharides
In: B.M. Wagner und D.E. Smith: The connective tissue, 251-303.

SUSSDORF, -. (1895)

Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere
Stuttgart.

TEUSCHER, T. (1972)

Untersuchungen über das Beinschwächesyndrom an einer Zuchtpopulation des Hausschweines (Deutsche Landrassc)
Agr. Diss. Berlin, F.U.

TEUSCHER, T., I.-H. WENIGER und D. STEINHAUF (1974)

Das Beinschwächesyndrom (BSS) beim Schwein in seiner Beziehung zur Mastleistung und zum Schlachtkörperwert
Zschr. Tierzüchtg. u. Züchtungsbiol. 89, 335-339.

TODE, R. (1976)

Zuchtschweine auf der DLG-Schau 1976
Schweinezucht u. Schweinemast 24, 194-197.

TRUCCHI, Gabriella (1973)

Fossette sinoviali carpiche e tarsiche di "Rupicarpa Rupicarpa" e "Carpa Ibex"
Aspetti morfologici e relievi istologici
Fol. vet. Lat. 3, 240-253.

WALLA, L. (1977)

Mündliche Mitteilung
(in Arbeit befindliche Dissertation: Synovialgruben beim Rind, Gießen).

WEGNER, W. (1974)

Zur Bio-Rheologie des Epiphysen- und Gelenkknorpels bei Tieren
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 9, 208.

WILLIAMS, G. und D.S. JACKSON (1956)

Two organic fixatives for acid mucopolysaccharides
Stain Technol. 31, 189-191.

WOODHEAD-GALLOWAY, J. und D.W.L. HUKINS (1976)

Molekularbiologie des Knorpels
Endeavour (Dtsch. Ausg.) 35, 73-78.

ZIETZSCHMANN, O. (1943)

Siehe ELLENBERGER, W. und H. BAUM.

ZIETZSCHMANN, O. und O. KRÖLLING (1955)

Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte der Haustiere
Berlin, Hamburg.

ZIMMERMANN, A. (1911)

Über die Ellbogengelenkflächen der Haussäugetiere
Österr. W.schrift Tierheilk. 36.

ZIMMERMANN, A. (1918)

Synovialgruben der Ungulaten
Allattani Közlemények 17, 1-10
nach deutscher Zusammenfassung.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. K. Loeffler für die Überlassung des interessanten Themas und die gewährte Unterstützung zu allen Zeiten.

Herrn Prof. Dr. J. v. Sandersleben und Herrn Prof. Dr. P. Walter danke ich ganz herzlich für die Übernahme dieser Arbeit und Vorlegung zur Promotion.

Nicht zuletzt danke ich auch den Mitarbeitern von Herrn Prof. Loeffler, Herrn W. Branscheid und Fräulein R. Müller, für ihre bereitwillige Mithilfe bei der technischen Durchführung.

A N H A N G

Bildmaterial

Legenden zu den Abbildungen

- Abb. I Distale Gelenkfläche des Radius mit Synovialgrube.
 Distale Gelenkfläche der Ulna mit Synovialausschnitt.
 Schlachtschwein.
- Abb. II Distale Gelenkfläche des Os carpi intermedium.
 Medianschnitt.
 Lange Knorpelfalte.
 Schlachtschwein.
- Abb. III Distale Gelenkfläche der Tiba mit
 Synovialgrube.
- Abb. IV Proximale Gelenkfläche des Os tarsi centrale
 et quartum mit Membran.
 Altsau.
- Abb. V Proximale Gelenkfläche des Radius.
 Läufer, 4 1/2 Monate.
 Beginnende Synovialgrube.
- Abb. VI Distale Gelenkfläche des Radius.
 Schlachtschwein, 5 3/4 Monate.
 Synovialgrube mit Osteoblastensaum.
- Abb. VII Distale Gelenkfläche des Radius.
 Schlachtschwein.
 Ausschnittvergrößerung aus einer Synovialgrube
 mit Osteoblastensaum.
- Abb. VIII Proximale Gelenkfläche des Radius.
 Altsau.
 Synovialgrube vom "lockeren Typ".
- Abb. IX Proximale Gelenkfläche des Radius.
 Ferkel.
 Zellulose Bereiche.
- Abb. X Proximale Gelenkfläche des Radius.
 Läufer.
 Arthrotischer Bereich.
- Abb. XI Proximale Gelenkfläche des Radius.
 Läufer.
 "Einbruch"stelle.



Abb. I



Abb. II

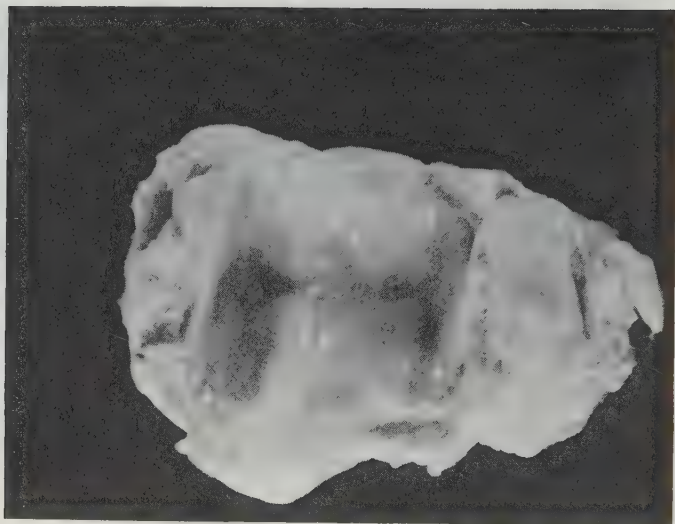


Abb. III

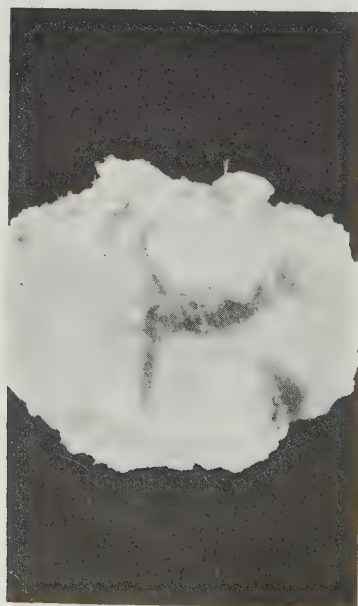


Abb. IV

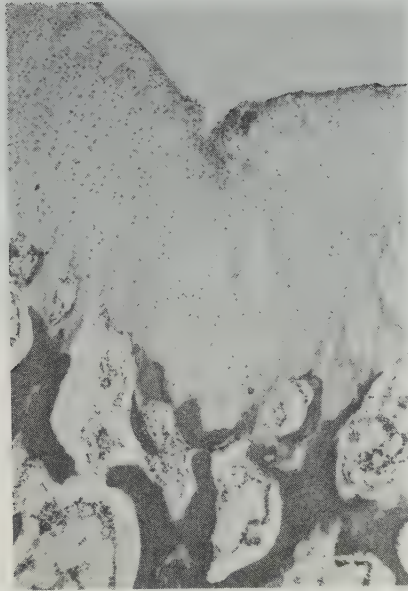


Abb. V

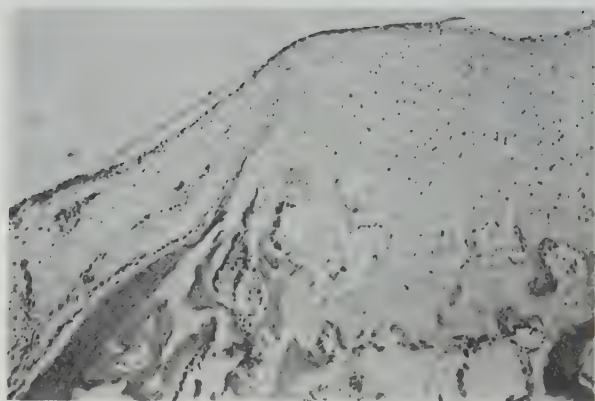
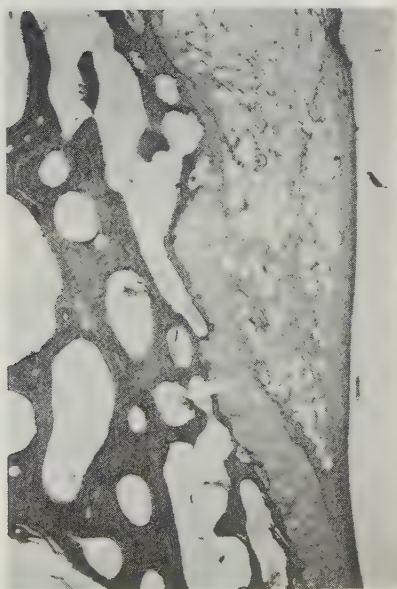
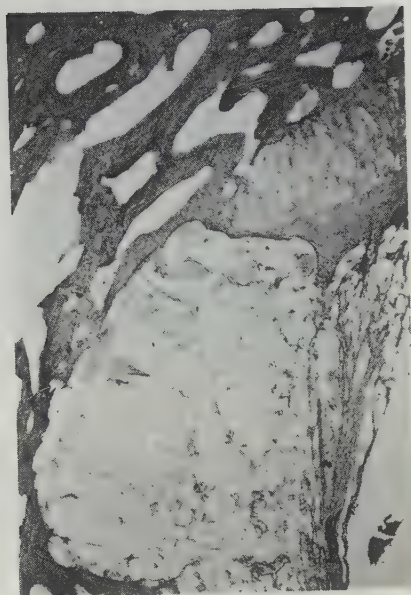


Abb. VI



Abb. VII

Abb. VIII



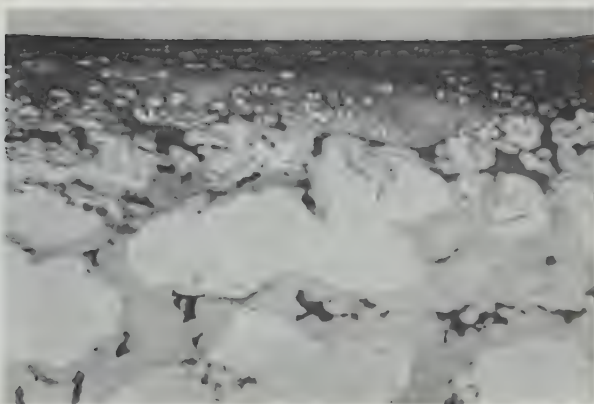


Abb. IX

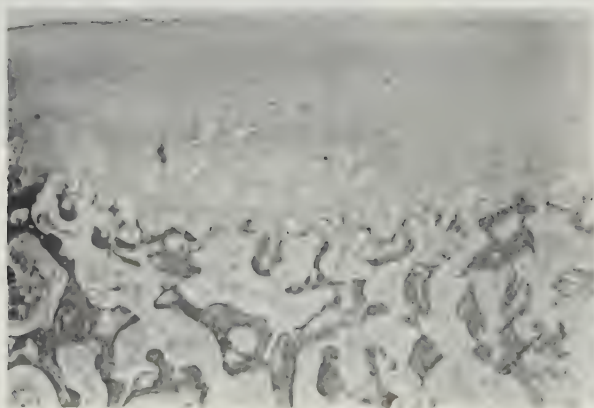


Abb. X



Abb. XI

LEBENS LAUF

Monika Beate Strehler, wohnhaft in Esslingen/Neckar,
geb. am 26. Januar 1950 in Stuttgart

1956 - 1960	Besuch der Grundschule in Esslingen
1960 - 1968	Besuch des ehemaligen "Mädchengymnasiums" jetzt "Theodor Heuss-Gymnasium", Esslingen
Juli 1968	Abitur
Okt. 1968	Beginn des Studiums an der Tierärzt- lichen Hochschule Hannover
von Okt. 1969 bis Sept. 1973	Studium an der Ludwig-Maximilian- Universität München
Sept. 1973	Beendigung des Staatsexamens
Okt. 1973	Approbation
von Juli 1974 bis Okt. 1975	Assistentin in Kleintierpraxis in Wiesbaden
1. Nov. 1975 bis Okt. 1977	Doktorandin am Lehrstuhl für Anatomie und Physiologie der Haustiere der Universität Hohenheim
1. Sept. 1977	Eröffnung einer Kleintierpraxis gemeinsam mit Frau Dr. U. Kissling in Böblingen

